



TUGAS AKHIR - EE 4801

**SISTEM PENGARAHAN SUARA BERDASARKAN POSISI
AUDIENS MENGGUNAKAN SENSOR PIR DAN
MIKROKONTROLER ARDUINO**

Wahyu Arief Kusuma
NRP 07111440000124

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR – EE 4801

**SISTEM PENGARAHAN SUARA BERDASARKAN
POSISI AUDIENS MENGGUNAKAN SENSOR PIR
DAN MIKROKONTROLER ARDUINO**

Wahyu Arief Kusuma
NRP 0711144000124

Dosen Pembimbing
Dr. Muhammad Rivai, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



FINAL PROJECT – EE 4801
SOUND STEERING SYSTEM BASED ON AUDIENCES
POSITION USING PIR SENSOR AND ARDUINO
MICROCONTROL

Wahyu Arief Kusuma
NRP 07111440000124

Supervisor
Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.

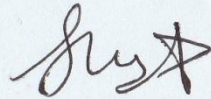
ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Electrical Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul “Sistem Pengarahan Suara Berdasarkan Posisi Audiens Menggunakan Sensor PIR dan Mikrokontroler Arduino” adalah benar-benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, Juni 2019



Wahyu Arief Kusuma
NRP. 0711144000124

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

**SISTEM PENGARAHAN SUARA BERDASARKAN POSISI
AUDIENS MENGGUNAKAN SENSOR PIR DAN
MIKROKONTROLER ARDUINO**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Elektronika
Departemen Teknik Elektro
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Menyetujui:

Dosen Pembimbing



Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.
NIP: 196904261994031003



.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

Sistem Pengarahan Suara Berdasarkan Posisi Audiens Menggunakan Sensor PIR dan Mikrokontroler Arduino

Nama : Wahyu Arief Kusuma
Pembimbing : Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.

ABSTRAK

Pada umumnya keberadaan media audio muncul karena keterbatasan kata-kata, waktu, ruang, dan ukuran. Selain itu, media pembelajaran audio berfungsi sebagai sarana yang mampu menyampaikan pesan sekaligus mempermudah penerima pesan untuk memahami isi pesan. Media audio membantu menyampaikan informasi dengan lebih mengesankan dan membantu meningkatkan daya tarik terhadap suatu persembahan seperti acara musik, suaralatar, atau rekaman. Karena keadaan posisi audiens selalu berbeda dan pancaran suara audio menjadi gema yang menurunkan kualitas suara. Dalam penelitian ini dibuat sistem pengarah suara kepada audiens dengan memanfaatkan sensor PIR untuk mendeteksi posisi dari audiens. Penelitian ini menggunakan power amplifier AB dan dibuat deret audio sound dengan posisi speaker berada di tengah, samping kiri, dan samping kanan dan diimplementasikan dengan mikrokontroler Arduino Uno. Sensor PIR pada penelitian ini dapat menjangkau hingga jarak 5 meter dengan sudut 0° hingga 60° dan 0° hingga -60° . Sedangkan pada jarak 4,5 meter dengan sudut 0° hingga 70° dan 0° hingga -70° . Pengujian keseluruhan sistem berhasil menunjukkan bahwa alat pada penelitian ini berhasil mengeluarkan suara dengan volume 10%, 50%, dan 100%.

Kata kunci: Audiens, Audio Sound, Media Audio, Sensor PIR

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

Sound Steering System Based On Audiences Position Using PIR Sensor And Arduino Microcontrol

Name : Wahyu Arief Kusuma
Supervisor : Dr. Muhammad Rivai, S.T., M.T.

ABSTRACT

Generally, the presence of audio media arises because of the limitations of words, time, space, and size. In addition, the audio learning media functions as a means that is able to convey messages while making it easier for the recipient of the message to understand the message. Audio media helps convey information more impressively and helps increase the attractiveness of offerings such as music shows, broadcasts, or recordings. Because the situation of the audience position is always different and the audio sound beam becomes an echo that decreases the sound quality. In this study a sound guidance system was made to the audience by utilizing the PIR sensor to detect the position of the audience. This study uses AB power amplifiers and makes audio sound series with the position of the speaker in the middle, left side, and right side and implemented with the Arduino Uno microcontroller . The PIR sensor in this study can reach up to a distance of 5 meters with angles of 0° to 60° and 0° to -60°. While at a distance of 4.5 meters with angles 0° to 70° and 0° to -70°. Testing the entire system successfully showed that the tool in this study managed to make a sound with a volume of 10%, 50%, and 100%

Keywords: Audience, PIR sensors, Audio Sound, Audio Media

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas rahmat yang telah diberikan oleh Allah SWT. Karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Selama proses penelitian Tugas Akhir ini, penulis mendapatkan bantuan dari berbagai pihak baik dukungan secara moril maupun materiil. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang mendukung dan membantu dalam tugas akhir ini, diantaranya :

1. Dr. Muhammad Rivai, ST., MT. selaku dosen pembimbing, atas bimbingan, inspirasi, pengarahan, dan motivasi yang diberikan selama pengerjaan penelitian tugas akhir ini.
2. Ir. Totok Mujiono, M.Ikom., Dr.Eng., Astria Nur Irfansyah, ST., M.Eng., Dr., Tasripan, Ir., MT. selaku dosen penguji yang memberikan masukan dan pengarahan yang berguna bagi penulis dalam menyelesaikan buku tugas akhir ini dengan baik.
3. Kedua orang tua penulis yang selalu memberi dukungan yang tidak ada hentinya dalam segala hal agar penulis selalu mendapat semangat untuk mengerjakan tugas akhir ini.
4. Rekan - rekan Laboratorium Elektronika Dasar B202 dan rekan – rekan S2 Laboratorium Elektronika Industri B402 yang memberikan bantuan dan saran dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih belum sempurna dan masih banyak hal yang perlu diperbaiki. Saran, kritik dan masukan baik dari semua pihak sangat membantu penulis terutama untuk berbagai kemungkinan pengembangan lebih lanjut.

Surabaya, Juni 2019

Wahyu Arief Kusuma
NRP. 07111440000124

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
TUGAS AKHIR	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
Bab 1	1
Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	1
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Metodologi.....	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
1.7 Relevansi.....	4
BAB 2	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Suara.....	5
2.2 Sensor Passive Infrared.....	7
2.3 Arduino Uno.....	11
2.4 Power Amplifier.....	16
2.4.1 Kelas AB.....	16
2.5 Speaker.....	18
2.5.1. Impedansi Speaker.....	19
2.6 DC-DC Converter.....	19
2.6.1 <i>Buck Converter</i>	20
2.7 Demultiplexer.....	21
2.7 Inverting Amplifier.....	22
BAB 3	25
PERANCANGAN SISTEM.....	25
3.1 Diagram Blok Sistem.....	25
3.2 Perancangan Perangkat Keras.....	26
3.2.1 Sensor PIR.....	26
3.2.2 Arduino Uno.....	28

3.2.3	Switch Analog.....	28
3.2.4	Modul MP3 dan Radio.....	29
3.2.5	Konverter Buck.....	30
3.2.6	Modul Power Amplifier	30
3.2.7	Kerangka Mekanik Sistem Pengarah Suara	31
3.3	Perancangan Perangkat Lunak.....	33
BAB 4	35
PENGUJIAN DAN ANALISIS.....		35
4.1	Realisasi Desain Kerangka Mekanik Sistem.....	35
4.2	Pengujian Sensor PIR	35
4.3	Pengujian Switch Analog	37
4.4	Pengujian Keseluruhan Sistem.....	40
4.5	Pengujian Kenyaringan Alat	42
4.6	Pengujian Power Amplifier	45
4.7	Pengujian Intensitas Suara	45
BAB 5	48
PENUTUP		49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran	49
DAFTAR PUSTAKA.....		51
LAMPIRAN A.....		53
LAMPIRAN B.....		59
LAMPIRAN C.....		63
BIODATA PENULIS		69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perambatan gelombang bunyi	5
Gambar 2. 2 Penggambaran spektrum gelombang suara	6
Gambar 2. 3. Elemen sensor pada sebuah sensor PIR.....	7
Gambar 2. 4 Bagian-bagian sensor PIR	8
Gambar 2. 5 Arduino Uno.....	11
Gambar 2. 6 Diagram Blok Arduino Uno	12
Gambar 2. 7 Power amplifier kelas AB.....	17
Gambar 2. 8 Titik Kerja Power Amplifier Kelas A, AB, dan B	17
Gambar 2. 9 Bagian-bagian Speaker	19
Gambar 2. 10 Rangkaian <i>BuckConverter</i>	20
Gambar 2. 11 1-to-4 Channel Demultiplexer	21
Gambar 2. 12 Aplikasi demultiplexer untuk mengatur penguatan inverting op-amp	21
Gambar 2. 13 Rangkaian Inverting Amplifier.....	22
Gambar 3. 1 Blok Diagram Sistem Pengarah Suara.....	26
Gambar 3. 3 Skematik Switch Analog	29
Gambar 3. 4 Modul MP3 dan Radio	30
Gambar 3. 5 Modul LM2596	30
Gambar 3. 6 Modul Amplifier TDA 2030.....	31
Gambar 3. 7 Rencana Desain Kerangka Mekanik	31
Gambar 3. 8 Desain Tampak Depan Kerangka Sistem Pengarah Suara	32
Gambar 3. 9 Desain Tampak Atas Kerangka Sistem Pengarah Suara...	32
Gambar 4. 1 Realisasi Desain Sistem.....	35
Gambar 4. 2 Pengujian Switch analog dengan Volume 0%	37
Gambar 4. 3 Pengujian Switch analog dengan volume 10%	38
Gambar 4. 4 Pengujian Switch analog dengan volume 50%	39
Gambar 4. 5 Pengujian Switch analog dengan Volume 100%	39
Gambar 4. 6 Pengujian speaker kanan	42
Gambar 4. 7 Pengujian speaker depan	43
Gambar 4. 8 Pengujian speaker kiri	44
Gambar 4. 9 Hasil pengujian power amplifier	45
Gambar 4. 10 Intensitas suara pada sudut 70° dan jarak 0,5 meter	46
Gambar 4. 11 Intensitas suara pada sudut 70° dan jarak 1 meter.....	47

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Pin Arduino Uno.....	13
Tabel 4. 1 Hasil pengujian sensor PIR 0° hingga 90°.....	35
Tabel 4. 2 Hasil pengujian PIR 0° hingga -90°.....	36
Tabel 4. 3 Pengujian 3 Sensor PIR.....	37
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem Terhadap Audiens	41
Tabel 4. 5 Pengujian Speaker Kanan.....	42
Tabel 4. 6 Pengujian Speaker Depan.....	43
Tabel 4. 7 Pengujian Speaker Kiri.....	43
Tabel 4. 8 Pengujian Intensitas Suara pada Sudut Objek 70°.....	45

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

Bab 1

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pada umumnya keberadaan media audio muncul karena keterbatasan kata-kata, waktu, ruang, dan ukuran. Ditambah juga bahwa media pembelajaran audio berfungsi sebagai sarana yang mampu menyampaikan pesan sekaligus mempermudah penerima pesan dalam memahami isi pesan. Membantu menyampaikan maklumat dengan lebih berkesan membantu meningkatkan daya tarik terhadap suatu persembahan seperti acara musik, suaralatar, atau rekaman.

Pendengar sebuah persembahan cenderung berbeda-beda baik luas ruangan, jumlah, dan posisi pendengar. Kecenderungan yang demikian maka media audio cenderung tidak optimal. Ini disebabkan oleh intensitas dari suara tidak fokus terhadap pendengar. Kecenderungan kurang fokus dari audio adalah terjadinya pemantulan gelombang suara menjadi gema sehingga kualitas suara turun [1]. Untuk aplikasi audio pada pagelaran kesenian dan gedung yang besar kualitas suara sangat diperhitungkan agar semua pendengar menjadi nyaman. Dengan masalah tersebut maka dibutuhkan sebuah audio yang dapat diatur suaranya berdasarkan posisi audiens. Pada penelitian ini dibuatlah sebuah sistem audio yang memperhitungkan jumlah posisi pendengar.

Untuk mendeteksi posisi dari audiens alat pada sistem ini menggunakan sensor PIR. Penelitian ini menggunakan sensor PIR karena sensor PIR memiliki kemampuan untuk membaca panas tubuh (inframerah) dari manusia [2].

Untuk audio yang dijadikan penelitian menggunakan deret audio speaker. Dimana posisi speaker terdiri dari tiga posisi yaitu posisi kiri, posisi depan, dan posisi kanan. Untuk mengatur suara dibuatlah switch analog pada setiap speaker yang diatur oleh mikrontroler arduino.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang menjadi dasar dilakukannya penelitian ini dapat dirumuskan dalam poin-poin berikut :

1. Pengarahan suara dari penguat suara ke audiens

2. Sistem antara sensor PIR, penguat suara, dan mikrokontroler arduino agar dapat menghasilkan suara yang terarah.

1.3 Tujuan

Penelitian pada tugas akhir ini bertujuan sebagai berikut:

1. Menghasilkan suara yang terarah dari penguat suara ke audiens.
2. Menghasilkan sistem yang terdiri dari sensor PIR, penguat suara, dan mikrokontroler yang dapat menghasilkan suara terarah.

1.4 Batasan Masalah

1. Sistem yang dibuat bekerja pada jarak maksimum 5 meter.
2. Sistem yang dibuat hanya menggunakan 3 speaker.

1.5 Metodologi

Langkah-langkah yang dikerjakan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur Metode Pengarahan Suara dan Pembuatan Sistem Pengarahan Suara

Tahap ini meliputi pengumpulan dasar teori yang dapat menjadi acuan tugas akhir. Dasar teori akan diambil dari buku – buku, jurnal yang telah dipublikasi, *proceeding* dan artikel dari internet mengenai metode pengarahan suara dan pembuatan sistem pengarahan suara.

2. Perancangan Perangkat Keras Sistem Pengarahan Suara

Pada tahapan ini dirancang dan direalisasikan perangkat keras yang terdiri dari speaker, power amplifier, preamplifier, mikrokontroler, dan sensor PIR.

3. Perancangan Perangkat Lunak Sistem Pengarahan Suara

Pada metode ini perangkat lunak didesain untuk mengolah sinyal dari sensor PIR dan pemilihan speaker pada sistem pengarahan suara.

4. Pengujian Perangkat Keras Sistem Pengarahan Suara

Pengujian perangkat keras sistem pengarahan suara dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat keras dapat bekerja dengan semestinya.

5. Pengujian Perangkat Lunak Sistem Pengarahan Suara

Pengujian perangkat lunak sistem pengarahan suara dilakukan agar dapat menentukan algoritma dan program yang sesuai untuk sistem secara keseluruhan.

6. Tahap Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa kinerja masing-masing komponen dari hasil perealisasi sistem dapat berfungsi sesuai dengan yang diharapkan. Pada tahap ini sistem akan diuji dengan audien yang bergerak pada daerah jangkauan sistem pengarahan suara.

7. Evaluasi

Tahap evaluasi dan penyempurnaan kinerja sistem dilakukan setelah pengujian dilakukan sebelumnya. Pada tahap ini akan dinilai sistem kerja dari alat.

8. Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Penulisan jurnal dilakukan sebagai sarana publikasi penelitian. Hal ini juga dilakukan agar penelitian mendapatkan legalitas dan pengakuan resmi dari dunia pendidikan.

9. Penulisan Makalah Jurnal POMITS

Penulisan jurnal dilakukan sebagai sarana publikasi penelitian. Hal ini juga dilakukan agar penelitian mendapatkan legalitas dan pengakuan resmi dari dunia pendidikan.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam buku tugas akhir ini, pembahasan mengenai sistem yang dibuat terbagi menjadi Lima Bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

- Bab I : Pendahuluan

Bab ini meliputi penjelasan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, metodologi, sistematika penulisan, dan relevansi.

- Bab II : Tinjauan Pustaka

Bab ini menjelaskan tentang teori penunjang yang terkait maupun yang dibutuhkan dalam pengerjakan tugas akhir ini. Dasar teori yang menunjang meliputi gelombang suara, arduino uno, sensor PIR, switch analog dan speaker.

- Bab III : Perancangan Sistem

Bab ini menjelaskan tentang perencanaan sistem yang meliputi perancangan perangkat keras dan perancangan perangkat lunak.

- Bab IV : Pengujian dan analisis

Bab ini menjelaskan tentang hasil uji coba alat beserta analisisnya.

- Bab V : Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan alat serta saran untuk pengembangan lebih lanjut.

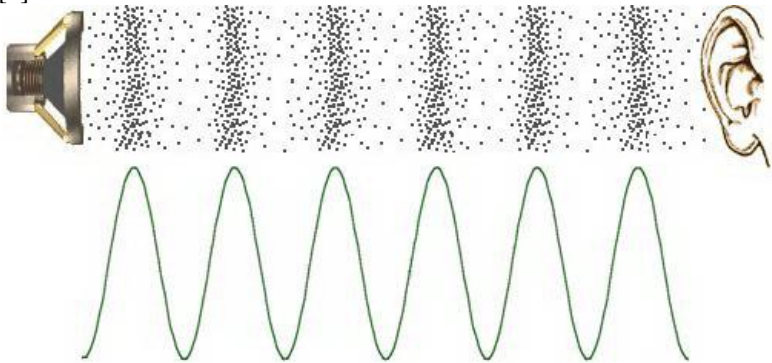
1.7 Relevansi

Hasil dari tugas akhir ini ditujukan untuk meningkatkan efisiensi daya dan diharapkan dapat menjadi referensi untuk pembuatan sistem pengarah suara.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Suara

Suara adalah getaran yang bergerak di udara sebagai gelombang suara. Gelombang suara disebabkan oleh getaran benda yang memancar keluar dari sumbernya ke segala arah. Gelombang suara merambat melalui medium transmisi zat padat, zat cair, dan zat gas [3], [4].



Gambar 2. 1 Perambatan gelombang bunyi

Pada gambar 2.1 titik-titik hitam pada gambar memperlihatkan molekul udara. Getaran yang dihasilkan oleh speaker menyebabkan molekul disekitarnya bergetar dalam pola tertentu ditunjukkan dengan bentuk gelombang. Getaran udara tersebut menyebabkan gendang telinga pendengar bergetar dengan pola yang sama [4].

Gelombang suara dapat merambat melalui berbagai medium, seperti zat padat, cair, dan gas. Gelombang suara dapat direpresentasikan sebagai suatu getaran osilasi terukur yang memiliki kenyaringan bunyi dalam satuan desibel (dB) dan memiliki frekuensi getar dalam satuan Hertz (Hz). Suara hanya membutuhkan medium tanpa memindahkan partikel yang dilewatinya untuk merambatkan energinya.

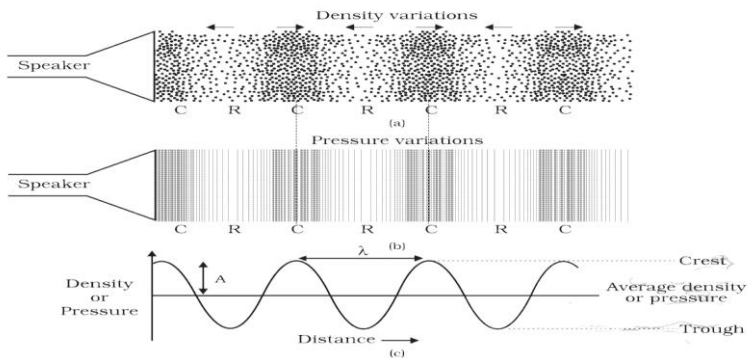
Gelombang suara dapat direpresentasikan ke dalam panjang gelombang, amplitudo, frekuensi, dan periode sebagaimana pada gambar 2.2. Gelombang suara merupakan gelombang longitudinal,

sehingga memiliki daerah *crest* (puncak) dan *through* atau *valley* (lembah). Daerah yang memiliki tekanan dan kerapatan tinggi disebut dengan *compression* (C) dan daerah yang memiliki tekanan dan kerapatan rendah disebut *rarefaction* (R). Jarak antara dua buah C dan dua buah R disebut dengan λ (lambda). Frekuensi adalah banyaknya getaran yang terjadi dalam satu detik dan dilambangkan dengan Hz (Hertz). Waktu yang dibutuhkan suatu gelombang untuk mencapai 1 buah C dan 1 buah R disebut dengan periode (T) dengan satuan sekon (s).

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (2.1)$$

Persamaan 2.1 merupakan persamaan untuk mencari panjang gelombang dimana panjang gelombang λ didapatkan dari hasil bagi antara v yang merupakan kecepatan rambat gelombang dengan f yang merupakan frekuensi gelombang.

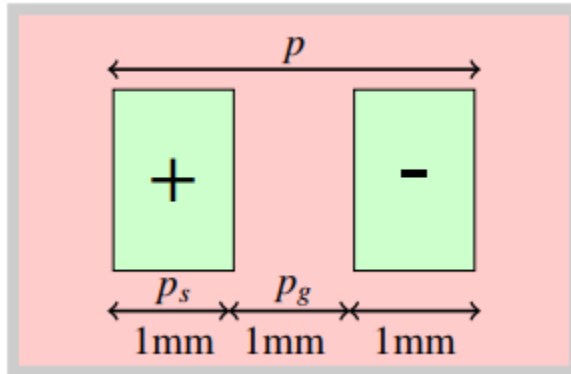
Pada gelombang suara terdapat pembagian jenis gelombang suara berdasarkan frekuensinya yaitu ultrasonik, audiosonik, dan infrasonik. Suara ultrasonik adalah suara dengan frekuensi diatas 20 KHz yang dapat didengar oleh lumba-lumba dan kelelawar. Suara audiosonik adalah suara dengan frekuensi 20 Hz sampai 20 KHz yang dapat didengar oleh manusia, ayam, kucing, dan burung. Suara infrasonik adalah suara dengan frekuensi dibawah 20 Hz yang dapat didengar oleh anjing, jangkrik, dan hiu [3], [4].



Gambar 2. 2 Penggambaran spektrum gelombang suara

2.2 Sensor Passive Infrared

Sensor inframerah pasif (sensor PIR) adalah perangkat elektronik yang mengukur inframerah (IR) yang memancar dari objek dalam lapangan pandang. Perangkat ini mendeteksi gerakan dengan mengukur perubahan tingkat inframerah (panas) yang dipancarkan oleh benda-benda disekitarnya [5], [6]. Sensor PIR hanya mendeteksi sinar inframerah dengan pancaran gelombang 8 mikrometer sampai 14



Gambar 2. 3. Elemen sensor pada sebuah sensor PIR[13]

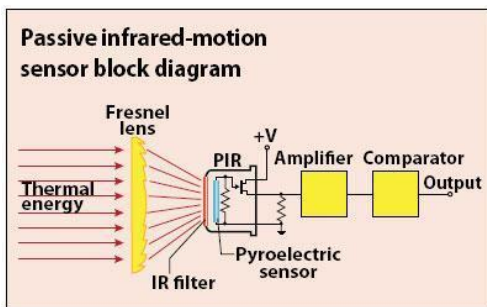
mikrometer [7]. Sensor ini bagus untuk memantau sebuah area yang terdapat gerakan didalamnya [8]. Sensor ini adalah perangkat yang sangat baik untuk mendeteksi keberadaan manusia/hewan [5], [9], [10], [11].

Semua benda di atas nol absolut memancarkan energi dalam radiasi. Biasanya radiasi inframerah tidak terlihat oleh mata manusia tetapi dapat dideteksi oleh perangkat elektronik yang dirancang untuk tujuan semacam itu. Istilah pasif dalam hal ini berarti bahwa perangkat PIR tidak memancarkan inframerah tetapi hanya pasif menerima radiasi inframerah masuk.

Radiasi inframerah masuk melalui bagian depan sensor, dikenal sebagai wajah sensor. Pada inti dari sensor PIR adalah solid state sensor atau seperangkat sensor, dibuat dari persegi sekitar $\frac{1}{4}$ inci dari alam atau buatan bahan piro elektrik, biasa dalam bentuk film tipis, dari galium nitrida (GaN), nitrat cesium (CsNO_3), polivinil fluorida, turunan dari phenylpyrazine, dan kobalt ftalosianin [12].

Sebuah sensor PIR terdiri dari dua elemen sensor seperti gambar 2.3. Elemen sensor dengan lebar p_s dan dipisahkan dengan jarak p_g . Lensa fresnel sensor memfokuskan panas pada elemen sensor yang menyerap energi termal dari lingkungan dan mengubahnya menjadi panas. Lebih lanjut lagi panas ini akan dikonversi menjadi arus listrik oleh material kristalin [13].

Diagram sensor passive infrared dapat dilihat pada gambar dibawah



Gambar 2. 4 Bagian-bagian sensor PIR

Bagian-bagian dari PIR adalah fresnel lens, IR Filter, Pyroelectric sensor, amplifier, dan komparator.

1. Fresnel Lens

Lensa fresnel pertama kali digunakan pada tahun 1980. Digunakan sebagai lensa yang memfokuskan sinar pada lampu mercusuar. Penggunaan paling luas pada lensa fresnel adalah pada lampu depan mobil, di mana mereka membiarkan berkas paralel secara kasar dari pemantul parabola dibentuk memenuhi persyaratan pola sorotan utama. Namun kini, lensa fresnel juga berguna dalam pembuatan film, tidak hanya karena kemampuannya untuk memfokuskan sinar terang, tetapi juga karena intensitas cahaya yang relatif konstan diseluruh berkas cahaya

2. IR Filter

IR Filter dimodul sensor PIR mampu menyaring panjang gelombang sinar infrared pasif antara 8 sampai 14 mikromoter, sehingga

panjang gelombang yang dihasilkan dari tubuh manusia yang berkisar antara 9 sampai 10 mikrometer ini saja yang dapat dideteksi oleh sensor. Sehingga sensor PIR hanya bereaksi pada tubuh manusia saja.

3. Pyroelectric sensor

Seperti tubuh manusia yang memiliki suhu tubuh kira-kira 32 derajat celsius, yang merupakan suhu panas yang khas yang terdapat di lingkungan. Pancaran sinar inilah yang kemudian ditangkap oleh pyroelektrik sensor yang merupakan inti dari sensor PIR sehingga menyebabkan piroelektrik sensor yang terdiri dari galium nitrida, caesium nitrat dan litium tantalate menghasilkan arus listrik. Karena adanya energi panas yang dibawa oleh infrared pasif tersebut. Prosesnya hampir sama seperti arus listrik yang terbentuk ketika sinar matahari mengenai *solar cell*.

4. Amplifier

Sebuah sirkuit amplifier yang ada menguatkan arus yang masuk pada material piroelektrik.

5. Komparator

Setelah dikuatkan oleh amplifier kemudian arus dibandingkan oleh komparator sehingga menghasilkan output.

Sensor PIR atau lebih populer dengan sebutan sensor gerak merupakan suatu sensor berbasis infrared. Namun perlu diketahui, cara kerja sensor gerak ini berbeda dengan jenis infrared lain yang menggunakan fototransistor dan IRLED. Pir tidak akan memancarkan suatu objek sebagaimana yang terjadi pada IRLED.

Sesuai dengan penyebutannya yaitu *passive*, maka cara kerja sensor gerak ini hanya memberikan respon terhadap gerakan atau energi yang berasal dari inframerah yang pasif dan dipunyai oleh benda yang dapat dideteksi keberadaannya. Sedangkan jenis benda yang dapat dideteksi dengan inframerah ini pada umumnya adalah tubuh manusia.

Sistem sensor gerak yang memakai modul PIR memang sangat sederhana dan lebih mudah diaplikasikan hanya membutuhkan tegangan input berupa tegangan DC 5 Volt. Sensor ini bisa mendeteksi gerakan dengan jarak maksimum 5 meter. Apabila tidak sedang melakukan pendeteksian, maka keluaran modul yang keluar hanya *low* atau rendah saja. Tetapi, bila sistem pendeteksian melihat adanya gerakan maka modul tersebut akan memberikan keluaran yang berganti menjadi *high* atau tinggi.

Sensor PIR ini berfungsi mendeteksi gerakan dengan mengukur

perubahan tingkat inframerah yang dipancarkan oleh benda-benda disekitarnya. Sensor PIR terbuat dari bahan kristal yang menghasilkan muatan listrik bila terkena radiasi inframerah. Sensor PIR dilengkapi *filter* khusus yang disebut lensa fresnel yang berfungsi memfokuskan sinyal inframerah ke elemen. Sensor PIR ini membutuhkan waktu “pemanasan” untuk dapat berfungsi dengan baik, biasanya membutuhkan waktu sekitar 10-60 detik.

Sensor PIR ini bekerja dengan menangkap energi panas yang dihasilkan dari pancaran sinar inframerah berjenis pasif yang dimiliki setiap benda dengan suhu benda diatas nol mutlak . Seperti tubuh manusia yang memiliki suhu tubuh kira -kira 32°C , yang merupakan suhu panas yang khas yang terdapat pada lingkungan. Pancaran sinar inframerah inilah yang kemudian ditangkap oleh *pyroelectric sensor* yang merupakan bagian terpenting dari sensor PIR yang kemudian akan menghasilkan arus listrik, pemunculan arus listrik tersebut dapat terjadi karena pancaran sinar yang dihasilkan inframerah membawa suatu energi atau tenaga yang sifatnya panas.

Sensor PIR hanya mendeteksi tubuh manusia dikarenakan adanya *IR Filter* yang menyaring pajang gelombang sinar inframerah pasif sekitar 8 hingga 14 mikrometer yang sesuai dengan panjang gelombang yang ada dalam tubuh manusia yaitu 9 hingga 10 mikrometer, sedangkan hewan memiliki panjang gelombang dengan ukuran nanometer.

Jadi, jika seseorang yang bergerak pada area sensor PIR, sensor tersebut langsung bisa menangkap bias sinar inframerah pasif yang terpancar dari tubuh manusia serta memiliki ukuran yang tidak sama dengan lingkungannya. Hal ini menjadikan material dalam *pyroelectric* langsung bereaksi dan menghasilkan arus listrik yang timbul dari energi panas yang sebelumnya dihasilkan oleh sinar inframerah. Lalu alat lainnya yaitu sirkuit amplifiier menjadikan arus tersebut semakin bertambah kuat, kemudian arus itu dibandingkan lagi dengan komparator yang membuat *output* dapat dihasilkan.

Apabila manusia ada dibagian depan sensor PIR tetapi hanya berdiam diri saja, sensor PIR bisa menghitung ukuran panjang gelombang yang muncul dari tubuh manusia itu adalah konstan. Ukuran panjang gelombang ini membuat energi panas yang ada dikondisikan sama dengan keadaan yang berada disekitarnya, sehingga sensor PIR tidak akan menimbulkan reaksi apapun juga.

2.3 Arduino Uno

Arduino Uno adalah sebuah board atau papan mikrokontroler berdasarkan pada mikrokontroler Atmega328P. Board ini memiliki 14 pin input / output digital. Output PWM berjumlah 6, input analog berjumlah 5, UART (port serial *hardware*) berjumlah 4, clock 16 MHz, koneksi untuk USB OTG (*On The Go*, 2 buah pin TWI, colokan listrik, header SPI, header JTAG, dantombol reset [14].



Gambar 2.5 Arduino Uno [14]

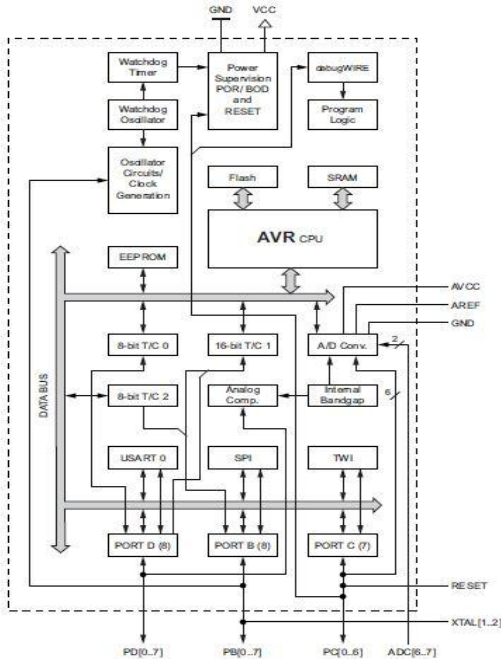
Arduino uno adalah merupakan sebuah board minimum system mikrokontroler yang bersifat open source. Didalam rangkaian board arduino terdapat mikrokontroler AVR seri ATmega 328 yang merupakan produk dari atmel.

Arduino uno memiliki kelebihan tersendiri dibanding board mikrokontroler yang lain, selain bersifat open source, arduino juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri berupa bahasa C. Selain itu dalam board arduino sendiri sudah terdapat loader yang berupa USB sehingga memudahkan kita ketika kita memprogram mikrokontroler didalam arduino. Sedangkan pada kebanyakan board mikrokontroler yang lain yang masih membutuhkan rangkaian loader terpisah untuk memasukkan program ketika kita memprogram mikrokontroler. Port USB tersebut selain untuk loader ketika memprogram, bisa juga difungsikan sebagai port komunikasi serial. Arduino menyediakan 20 pin I/O, yang terdiri dari 6 pin input analog dan 14 pin digital input/output. Untuk 6 pin analog sendiri bisa juga difungsikan sebagai output digital jika diperlukan output digital tambahan selain 14 pin yang

sudah tersedia. Untuk mengubah pin analog menjadi digital cukup mengubah konfigurasi pin pada program. Dalam board kita bisa lihat pin digital diberi keterangan 0-13, jadi untuk menggunakan pin analog menjadi output digital, pin analog yang pada keterangan board 0-5 kita ubah menjadi pin 14-19. Dengan kata lain pin analog 0-5 juga berfungsi sebagai pin output digital 14-16.

Sifat open source arduino juga banyak memberikan keuntungan tersendiri untuk kita dalam menggunakan board ini, karena dengan sifat open source komponen yang kita pakai tidak hanya tergantung pada satu merek, namun memungkinkan kita bisa memakai semua komponen yang ada dipasaran.

Bahasa pemrograman arduino merupakan bahasa C yang sudah disederhanakan, syntax bahasanya permrogramannya sehingga mempermudah kita dalam mempelajari dan mendalami mikrokontroler.



Gambar 2. 6 Diagram Blok Arduino Uno [15]

Berikut penjelasan pin pada Arduino Uno.

1. Pin Daya.
 - a. *Vin*.
Tegangan input ke Arduino ketika menggunakan sumber daya eksternal.
 - b. *5V*.
Pin ini menghasilkan 5V yang diatur dari regulator.
 - c. *GND*.
Pin ground.
 - d. *IOREF*.
Pin ini menyediakan referensi tegangan yang dioperasikan oleh mikrokontroler.
2. Pin I/O

Tabel 2. 1 Pin Arduino Uno

Digital I/O	pin dari 0 hingga 15.
Serial	0 (RX) dan 1 (TX).
PWM	pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11
SPI	SPI header.
TWI	0 (SDA) dan 1 (SCL).
Input Analog	A0 – A5

Masing-masing dari 14 pin digital arduino uno dapat digunakan sebagai masukan atau keluaran menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. Setiap pin beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin mampu menerima atau menghasilkan arus maksimum sebesar 40 mA dan mempunyai 10 resistor *pull-up internal* (diputus secara *default*) sebesar 20-30Kohm. Sebagai tambahan, beberapa pin masukan digital memiliki kegunaan khusus yaitu:

- Komunikasi serial: pin0 (RX) dan pin 1(TX), digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) data secara serial.
- *External Interrupt*: pin 2 dan pin 3, pin ini dapat dikonfigurasi

untuk memicu sebuah interrupt pada nilai rendah, sisi naik atau turun, atau pada saat terjadi perubahan nilai.

- *Pulse-width modulation* (PWM): pin 3, 5, 6, 9, 10, dan 11, menyediakan keluaran PWM 8-bit dengan menggunakan fungsi `analogWrite()`.
- *Serial Peripheral Interface* (SPI): pin 10(SS), 11(MOSI), 12(MISO) dan 13 (SCK), pin ini mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan *SPI library*.
- *LED*: pin 13, terdapat built-in *LED* yang terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai *High* maka *LED* menyala, sebaliknya ketika pin bernilai *Low* maka *LED* akan padam.

Arduino Uno memiliki 6 masukan analog yang diberi label A0 sampai A5, setiap pin menyediakan resolusi sebanyak 10 bit (1024 nilai yang berbeda). Secara *default* pin mengukur nilai tegangan dari *ground* (0V) hingga 5V, walaupun begitu dimungkinkan untuk mengganti nilai batas atas dengan menggunakan pin *AREF* dan fungsi `analogReference()`. Sebagai tambahan beberapa pin masukan analog memiliki fungsi khusus yaitu pin A4 (SDA) dan pin A5 (SCL) yang digunakan untuk komunikasi *Two Wire Interface* (TWI) atau *Inter IntegratedCircuit* (I2C) dengan menggunakan *Wire library*.

- TWI : A4 atau pin SDA dan A5 atau pin SCL. Mendukung komunikasi TWI
- Aref. Referensi tegangan untuk input analog. Digunakan dengan `analogReference()`.

Arduino Uno dapat diberi daya melalui koneksi *USB* (*Universal Serial Bus*) atau melalui *power supply* eksternal. Jika arduino dihubungkan ke kedua sumber daya tersebut secara bersamaan maka arduino uno akan memilih salah satu sumber daya secara otomatis untuk digunakan. *Power supply* eksternal (yang bukan melalui *USB*) dapat berasal dari adaptor AC ke DC atau baterai. Adaptor dapat dihubungkan ke soket power pada arduino uno. Jika menggunakan baterai, ujung kabel yang dihubungkan ke baterai dimasukkan kedalam pin *GND* dan *Vin* yang berada pada konektor power.

Arduino uno dapat beroperasi pada tegangan 6 sampai 20 volt. Jika arduino uno tegangan di bawah 7 Volt, maka pin 5V pada arduino akan menyediakan tegangan di bawah 5 Volt dan mengakibatkan arduino uno mungkin bekerja tidak stabil. Jika diberikan tegangan melebihi 12 Volt, penstabil tegangan kemungkinan akan menjadi terlalu

panas dan merusak arduino uno. Tegangan rekomendasi yang diberikan ke arduino uno berkisar antara 7-12 Volt. Pin-pin catu daya adalah sebagai berikut:

- Vin adalah pin untuk mengalirkan sumber tegangan ke arduino uno ketika menggunakan sumber daya eksternal (selain dari koneksi *USB* atau sumber daya yang teregulasi lainnya). Sumber tegangan juga disediakan melalui pin ini jika sumber daya yang digunakan untuk arduino uno dialirkan melalui soket power.
- 5V adalah pin yang menyediakan tegangan teregulasi sebesar 5 volt berasal dari regulator tegangan pada arduino uno
- 3V3 adalah pin yang menyediakan tegangan teregulasi sebesar 3,3 volt berasal dari regulator tegangan pada arduino uno.
- GND adalah pin ground.

Arduino adalah board yang menggunakan mikrokontroler Atmega328. Maka peta memori arduino uno sama dengan peta memori pada mikrokontroler Atmega328. Atmega 328 ini memiliki 32 KB dengan 0,5KB digunakan untuk loading file. Ia juga memiliki 2 KB dari SRAM dan 1 KB dari EEPROM.

Memori data ATmega328 terbagi menjadi 4 bagian, yaitu 32 lokasi untuk register umum, 64 lokasi untuk register I/O, 160 lokasi untuk register I/O tambahan dan sisanya 2048 lokasi untuk data SRAM internal. Register umum menempati alamat data terbawah, yaitu 0x0000 sampai 0x001F. Register I.O menempati 64 alamat berikutnya mulai dari 0x0020 hingga 0x005F. Register I/O tambahan menempati 160 alamat berikutnya mulai dari 0x0060 hingga 0x00FF. Sisa alamat berikutnya mulai dari 0x0100 hingga 0x08FF digunakan untuk SRAM internal.

Arduino uno terdiri dari 1Kbyte memori data EEPROM. Pada memori EEPROM, data dapat ditulis/dibaca kembali dan ketika catu daya dimatikan, data terakhir yang ditulis pada memori EEPROM masih tersimpan pada memori ini, atau dengan kata lain memori EEPROM bersifat nonvolatile. Alamat EEPROM dimulai dari 0x000 hingga 0x3FF.

Perangkat lunak arduino termasuk monitor serial yang memungkinkan data sederhana yang akan dikirim ke board Arduino. *RX* dan *TX LED* di *board* akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui *chip USB-to-serial* dan koneksi *USB* ke komputer. Atmega328 ini juga mendukung komunikasi I2C (TWI) dan SPI. Fungsi ini digunakan untuk

melakukan komunikasi *interface* pada sistem.

2.4 Power Amplifier

Power Amplifier adalah sebuah perangkat elektronika yang bertujuan untuk memperkuat sinyal daya. Dalam penggunaannya, amplifier akan menguatkan sinyal suara yaitu memperkuat sinyal arus I dan tegangan V listrik dari inputnya. Sedangkan outputnya akan menjadi arus listrik dengan tegangan yang lebih besar. Power amplifier adalah penguat akhir yang tidak disertai dengan *tone control (volume, bass, treble)*.

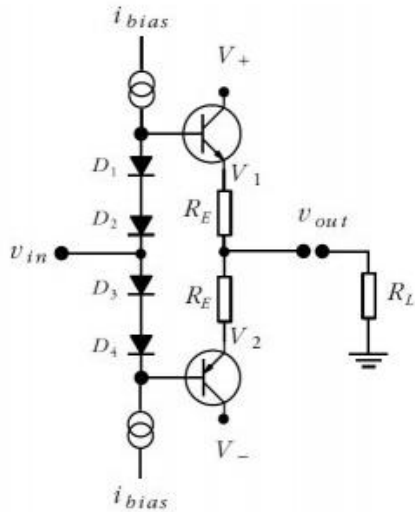
Power amplifier memiliki beberapa tipe yaitu tipe A, B, AB, C, D, F,G dan H. Pada penelitian ini digunakan power amplifier kelas AB. Pada power amplifier terdapat parameter gain yang biasanya dilambangkan dengan G dengan satuan desibel (dB) yang merupakan hasil bagi dari daya di bagian output (P_{out}) dan daya di bagian input (P_{in}) dalam bentuk fungsi frekuensi.

$$G = 10 \text{ Log } \frac{P_{out}}{P_{in}} \quad (2.2)$$

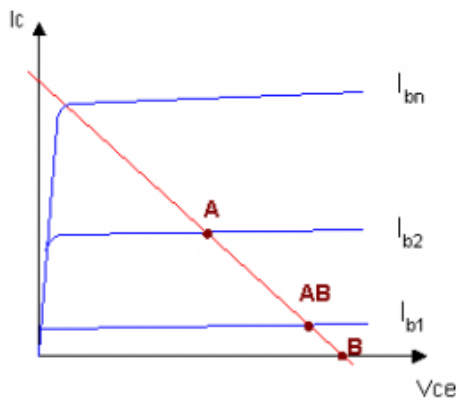
Dalam bagian pengertian amplifier pada proses penguatan *audio* ini terbagi menjadi dua kelompok bagian yang penting, yaitu bagian penguat sinyal tegangan (V) yang kebanyakan menggunakan susunan transistor *darlington* dan bagian penguat arus susunannya transistor parallel. Masing-masing transistor berdaya besar dan menggunakan sirip pendingin untuk membuang panas ke udara sehingga pada saat ini banyak menggunakan transistor simetris komplementer.

2.4.1 Kelas AB

Power amplifier kelas AB ini disusun untuk membentuk penguat sinyal yang tidak terdistorsi dari power amplifier kelas A dan untuk mendapatkan efisiensi daya yang lebih baik seperti power amplifier kelas B. Karena amplifier kelas A memiliki efisiensi daya yang rendah (25%) yang disebabkan titik kerja berada di $\frac{1}{2}$ VCC tetapi memiliki kualitas sinyal yang terbaik, sedangkan amplifier kelas B memiliki efisiensi daya yang baik (85%) karena titik kerja mendekati VCC tetapi kualitas suara yang kurang baik. Sehingga dibuat amplifier kelas AB yang memiliki efisiensi daya (60%) dengan kualitas audio yang baik [16].



Gambar 2. 7 Power amplifier kelas AB



Gambar 2. 8 Titik Kerja Power Amplifier Kelas A, AB, dan B [16]

Power amplifier kelas AB pada umumnya menggunakan sumber tegangan simetris. Fungsi dioda pada rangkaian penguat kelas AB pada gambar 2.7 adalah untuk memecah sinyal sisi puncak positif dan sisi sinyal puncak negatif. Q1 dan Q2 masing-masing berfungsi

sebagai penguat sinyal sisi puncak positif dan puncak negatif

Pada saat menguatkan sinyal sinus maka pada rangkaian amplifier kelas AB pada gambar 2.7 dapat dihitung tegangan output dan daya output dari rangkaian diatas sebagai berikut.

$$V'_{rms} = \frac{\sqrt{2}V_d R_L}{R_e} \quad (2.3)$$
$$P'L = \frac{2R_L V_d^2}{R_e^2} \quad (2.4)$$

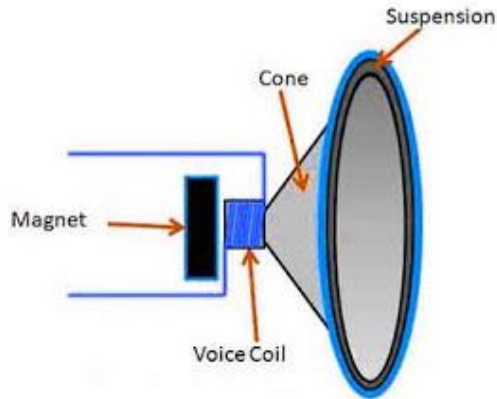
Gambar 2.8 diatas menjelaskan bahwa titik kerja power amplifier kelas AB berada diantara power amplifier kelas A dan power amplifier kelas B, hal ini menjelaskan bahwa karakteristik power amplifier kelas AB merupakan gabungan antara power amplifier kelas A dan power amplifier kelas B [16].

2.5 Speaker

Speaker adalah sebuah transduser elektroacoustical yang mengubah sinyal listrik ke bentuk getaran suara. Speaker adalah mesin pengubah terakhir atau kebalikan dari mikropon. Speaker membawa sinyal listrik dan mengubahnya kembali menjadi getaran-getaran fisik untuk menghasilkan gelombang-gelombang suara. Ada beberapa cara energi listrik dapat dikonversi menjadi energi akustik.

Speaker hampir selalu membatasi elemen fidelitas dari reproduksi suara dalam salah satu rumah atau teater. Dalam tingkatan lain reproduksi suara kebanyakan dikembangkan dari komponen elektronik tingkat tinggi. Speaker meliputi proses mekanis dimana sinyal audio dikuatkan harus dipindahkan ke suatu konus atau piranti mekanis lain untuk menghasilkan suara seperti gelombang suara aslinya. Proses ini meliputi banyak kesulitan dan biasanya dari langkah-langkah reproduksi yang sangat tidak sempurna.

Bagian dalam speaker terdapat sekat rongga tipis, membran agak kaku diletakkan ditengah-tengah magnet. Magnet menginduksi membran hingga bergetar dan menghasilkan suara. Magnet menginduksi membran hingga bergetar dan menghasilkan suara. Speaker ini mengubah sinyal listrik menjadi getaran suara sehingga dapat didengar manusia. Secara singkat bagian yang terpenting dari speaker adalah : konus (cone), suspensi, kumparan suara(voice coil), dan magnet.



Gambar 2. 9 Bagian-bagian Speaker [17]

2.5.1. Impedansi Speaker

Speaker bekerja memanfaatkan arus bolak-balik (*Alternating Current /AC*). Impedansi adalah ukuran resistansi pada sumber arus AC. Jadi secara sederhana impedansi adalah resistansi yang lebih kompleks dan akurat pada arus AC. Walaupun dalam speaker terdapat impedansi dan tidak mempengaruhi kualitas secara keseluruhan, tetapi secara otomatis akan mempengaruhi kerja sebuah sistem audio [18].

Speaker biasanya memiliki impedansi 4 ohm, 8 ohm, dan sebagainya.

2.6 DC-DC Converter

Konverter DC-DC berlaku seperti halnya trafo/transformer yang mengubah tegangan AC tertentu ke tegangan AC yang lebih tinggi atau lebih rendah. Tidak ada peningkatan ataupun pengurangan daya masukan selama pengkonversian bentuk energi listriknya, sehingga secara ideal persamaan dayanya dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut:

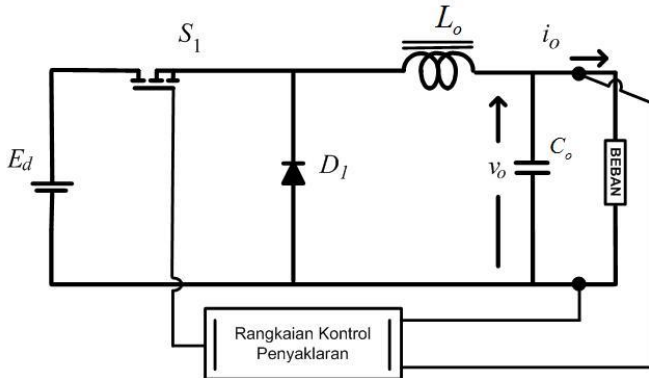
$$P_{in} = P_{out} + P_{losses} \quad (2.5)$$

Penggunaan *converter* DC-DC sebagai regulator tegangan

memiliki kelebihan dimana DC-DC *converter* memiliki efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan regulator tegangan monolithic seperti IC LM78 Series. Hal ini dikarenakan pada DC-DC *converter* pengaturan tegangan menggunakan prinsip charge dan discharge pada kapasitor dan induktor, hal ini berbeda dengan kebanyakan regulator tegangan yang merubah kelebihan tegangan menjadi panas.

2.6.1 Buck Converter

Buckconverter merupakan *converter* DC-DC yang berfungsi sebagai penurun tegangan yang mengkonversikan tegangan masukan DC menjadi tegangan DC lainnya yang lebih rendah. Seperti terlihat pada gambar 2.10 rangkaian tersebut terdiri atas satu saklar aktif (MOSFET), satu saklar pasif (diode), kapasitor, dan induktor sebagai tapis keluarannya.



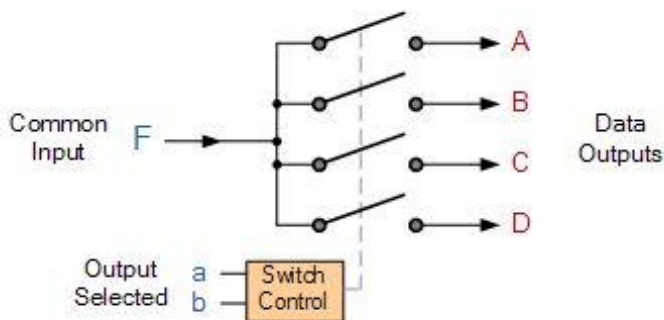
Gambar 2. 10 Rangkaian *BuckConverter*

Untuk tegangan kerja yang rendah, saklar pasif (dioda) sering diganti dengan saklar aktif (MOSFET) sehingga susut daya pada saklar bisa dikurangi. Apabila menggunakan 2 saklar aktif, kedua saklar ini akan bekerja secara bergantian, dan hanya ada satu saklar yang menutup setiap saat. Nilai rata-rata tegangan keluaran konverter sebanding dengan rasio antara waktu penutupan saklar (saklar konduksi/ON) terhadap periode penyaklarannya. Biasanya nilai faktor daya ini tidak lebih kecil dari 0.2, karena jika dioperasikan pada rasio tegangan yang lebih tinggi, saklar akan bekerja dibawah keandalannya dan

menyebabkan efisiensi konverter turun [19].

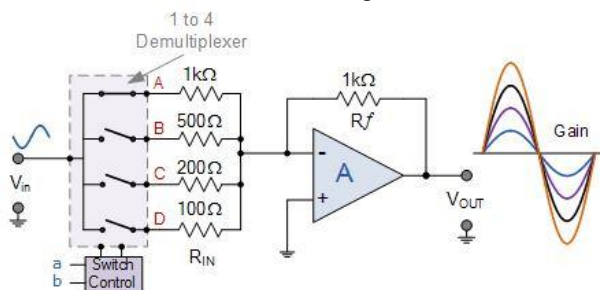
2.7 Demultiplexer

Demultiplexer, atau yang sering disingkat “Demux”, adalah kebalikan dari multiplexer. Demultiplexer mengambil satu *line* data input dan memindahkannya ke salah satu dari beberapa *line* keluaran. Demultiplexer mengkonversi sinyal data serial di input menjadi data paralel di output.



Gambar 2. 11 1-to-4 Channel Demultiplexer

Contoh demultiplexer di gambar 2.8. memiliki empat output. Fungsi dari demultiplexer itu adalah untuk mengalihkan dari satu *input line* ke salah satu dari empat *output line* A sampai D. Sedangkan *switch* individual dikontrol dari kode biner pin “a” dan “b”.



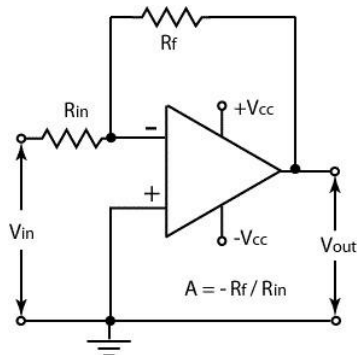
Gambar 2. 12 Aplikasi demultiplexer untuk mengatur penguatan

inverting op-amp

Demultiplexer dapat dipakai untuk mengontrol penguatan dari op-amp secara digital. Gambar 2.12 mengilustrasikan bagaimana cara mengontrol penguatan op-amp secara digital menggunakan demultiplexer. Penguatan tegangan dari inverting op-amp bergantung pada rasio antara resistor input (R_{in}) dan resistor feedback (R_f).

Switch analog dari demultiplexer akan memilih sebuah resistor input untuk mengubah-ubah R_{in} . Kombinasi dari resistor-resistor ini akan menentukan penguatan keseluruhan dari amplifier. Sehingga penguatan dari inverting op-amp seperti pada gambar 2.12 dapat diatur secara digital cukup dengan memilih kombinasi resistor yang sesuai.

2.7 Inverting Amplifier



Gambar 2. 13 Rangkaian Inverting Amplifier

Rangkaian pada gambar 2.9 merupakan rangkaian inverting amplifier. Penguatan dari rangkaian inverting amplifier merupakan minus hasil bagi dari resistor paralel dan resistor input. Rumus penguatan dari rangkaian inverting amplifier adalah sebagai berikut :

$$A = - \frac{R_f}{R_{in}} \quad (2.6)$$

Sebagaimana rumus pada persamaan 2.6 diketahui A adalah penguatan

dari amplifier, R_f merupakan resistor paralel, dan R_{in} merupakan resistor input. Oleh karena itu penguatan dari rangkaian inverting amplifier bergantung pada resistor input dan resistor paralel pada rangkaian.

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

BAB 3

PERANCANGAN SISTEM

Perancangan sistem meliputi perangkat lunak dan perangkat keras dari sistem pengarah suara berbasis PIR dan mikrokontroler Arduino. Perancangan perangkat keras dibagi menjadi kerangka perangkat keras sistem pengarah suara dan perangkat elektronik sistem pengarah suara. Perangkat lunak meliputi program pemilihan speaker dan sensor PIR yang dikontrol oleh Arduino Uno yang diprogram menggunakan Arduino IDE dengan bahasa C Arduino sehingga sistem pengarah suara dapat mengeluarkan suara berdasarkan posisi audiens.

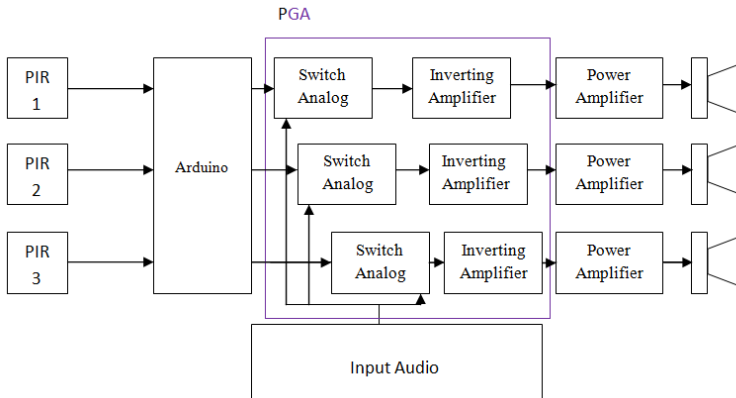
3.1 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem menjelaskan cara kerja sistem secara keseluruhan. Sebagaimana terlihat pada gambar 3.1 terdapat enam komponen yang mendukung sistem secara keseluruhan yaitu sensor PIR, arduino uno, switch analog, modul mp3 audio, power amplifier, dan speaker.

Sensor PIR pada sistem ini mendeteksi adanya orang dalam jangkauan *field of view* (fov) tiap daerah sensor PIR. Pada sistem ini terdapat tiga sensor PIR yang diarahkan kepada tiga arah yang berbeda. Hal ini bertujuan untuk membentuk tiga fov yang berbeda yang nantinya digunakan sebagai sistem pemilihan speaker. Apabila sensor PIR mendeteksi adanya gerakan maka sinyal akan dikirim kepada mikrokontroler arduino yang berfungsi sebagai kontroler switch analog yang sudah dihubungkan dengan power amplifier dan modul MP3 untuk memilih speaker mana yang akan hidup berdasarkan input dari sensor PIR.

- Sensor PIR
Sensor PIR digunakan untuk mendeteksi adanya gerakan atau tidak.
- Arduino Uno
Arduino Uno digunakan sebagai kontroler yang menerima input dari sensor dan mengaktifkan switch analog.
- Switch analog
Switch analog pada gambar 3.1 merupakan bagian dari *Programmable Gain Amplifier* (PGA), yang berfungsi sebagai

pemilih volume. Volume yang tersedia pada PGA ini terbagi menjadi empat jenis yaitu volume 0%, volume 10%, volume 50%, dan volume 100%.



Gambar 3. 1 Blok Diagram Sistem Pengarah Suara

- Modul MP3 dan Radio
Modul ini digunakan sebagai media input audio yang terhubung dengan switch analog yang digunakan sebagai pemilih speaker yang nantinya menyala.
- Power Amplifier
Power amplifier digunakan sebagai penguat daya dari input suara yang diberikan oleh modul USB.
- Speaker
Speaker digunakan sebagai pengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara.

3.2 Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras pada sistem pengarah suara meliputi sensor PIR, Arduino Uno, Switch analog, Modul MP3 dan Radio, Modul Power Amplifier, dan Speaker.

3.2.1 Sensor PIR

Sensor PIR merupakan sensor yang mendeteksi adanya perubahan gerak pada manusia. Pada penelitian ini sensor PIR yang

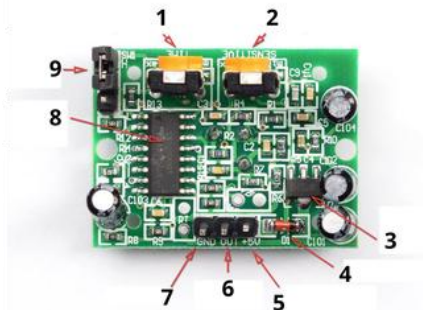
digunakan adalah sensor HC-SR01. Sensor ini bekerja berbasis teknologi infrared. Sensor ini banyak digunakan sebagai perangkat elektronik sensor otomatis, terutama produk-produk elektronik yang menggunakan baterai. Beberapa aplikasi dari sensor ini yaitu sensor lampu otomatis untuk ruangan, kamar mandi, *basement*, gudang, garasi, alarm ventilasi, alat cuci tangan otomatis, dll.

Berikut merupakan spesifikasi dari sensor HC-SR01

Tengangan kerja	5V- 20V
Konsumsi daya	65mA
Waktu delay	3 detik ~ 5 menit
<i>Lock time</i>	0,2 detik
<i>Sensing range</i>	<120°, sejauh 7 meter
Temperatur	-15° C ~ 70° C
Keluaran TTL	3.3 V, 0 V

Tabel 3. 1 Spesifikasi sensor HC-SR01

Pada penelitian ini sensor PIR dimanfaatkan sebagai sensor posisi dari audiens.



Gambar 3. 2 Sensor PIR HC-SR01

No	Nama Bagian	Fungsi
1	Pengatur Waktu Jeda	Mengatur lama pulsa high setelah terjadi gerakan
2	Pengatur Sensitivitas	Mengatur tingkat sensitivitas sensor
3	Regulator 3V DC	Penstabil tegangan

		menjadi 3V dc
4	Dioda Pengaman	Sebagai pengaman jika terjadi salah pengkabelan
5	DC Power	Sebagai input tegangan
6	Output Digital	Output digital sensor
7	Ground	Ground
8	BISS0001	IC sensor PIR
9	Pengatur jumper	Untuk pengaturan output pin digital

Tabel 3. 2 Fungsi bagian-bagian sensor PIR

3.2.2 Arduino Uno

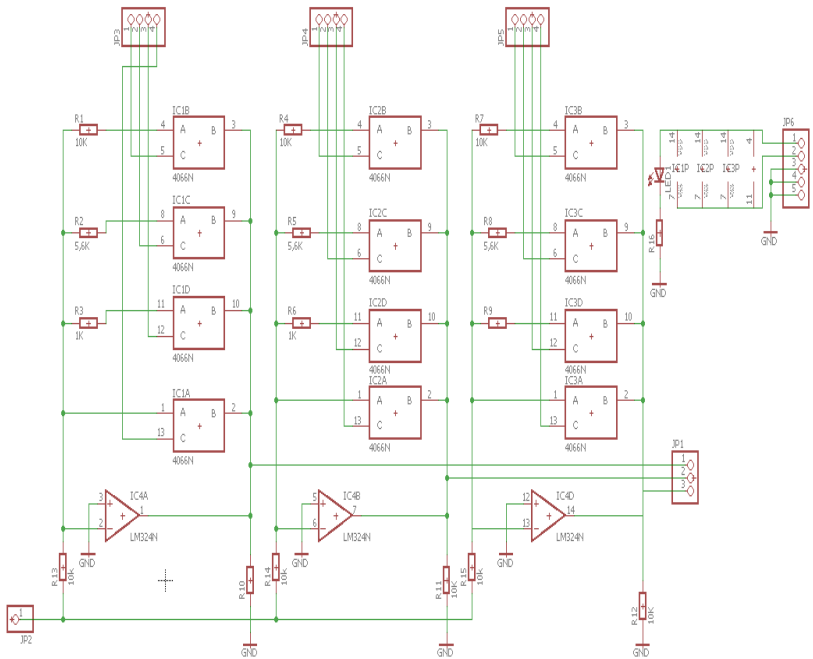
Arduino uno digunakan pada penelitian ini karena sudah memenuhi spesifikasi sebagai mikrokontroler yang digunakan pada alat yang dibuat. Penelitian ini memanfaatkan pin digital 2 hingga pin digital 13 dan pin analog A0, A2, dan A3. Arduino uno pada penelitian bermanfaat sebagai penerima sinyal output dari sensor dan sebagai kontroler switch analog dari sensor sehingga switch analog dapat bekerja secara tersinkronasi dengan output sensor.

3.2.3 Switch Analog

Switch analog pada penelitian merupakan bagian dari *programmable gain amplifier* yang digunakan sebagai pemilih resistor sebagaimana terlihat pada gambar 3.3.

Pada switch analog ini terdapat empat kombinasi resistor yang berbeda. Keempat kombinasi resistor pada rangkaian tersebut dihubungkan dengan demultiplexer yang digunakan sebagai pengatur volume bagi ketiga amplifier. Sehingga penguatan dari amplifier bergantung pada perbandingan salah satu dari keempat resistor tersebut dengan resistor 10K.

Output dari switch analog ini dihubungkan dengan amplifier sebagaimana terlihat pada gambar 3.3. Sehingga akan terjadi penguatan berdasarkan perbandingan resistor yang dipilih oleh demultiplexer.



Gambar 3. 3 Skematik PGA

3.2.4 Modul MP3 dan Radio

Pada penelitian ini digunakan modul MP3 keluaran rayden. Modul MP3 ini juga bisa difungsikan sebagai radio yang pada penelitian ini ditujukan untuk memberikan input sinyal audio kedalam sistem pengarah suara. Berikut gambar dari modul MP3 tersebut:



Gambar 3. 4 Modul MP3 dan Radio

3.2.5 Konverter Buck

Konverter ini digunakan untuk mengubah tegangan 12 volt menjadi 5 volt sebagai suplai modul MP3. Pada penelitian ini menggunakan modul lm2596.



Gambar 3. 5 Modul LM2596

3.2.6 Modul Power Amplifier

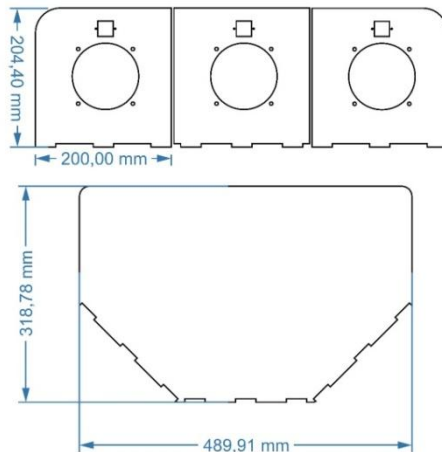
Modul ini digunakan untuk menguatkan sinyal dari modul MP3 sebelum memasuki speaker. Pada penelitian ini digunakan power amplifier kelas AB dengan tipe TDA 2030. Gambar dibawah merupakan gambar dari modul power amplifier TDA 2030.



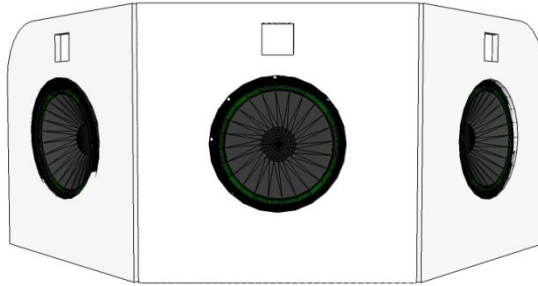
Gambar 3. 6 Modul Amplifier TDA 2030

3.2.7 Kerangka Mekanik Sistem Pengarah Suara

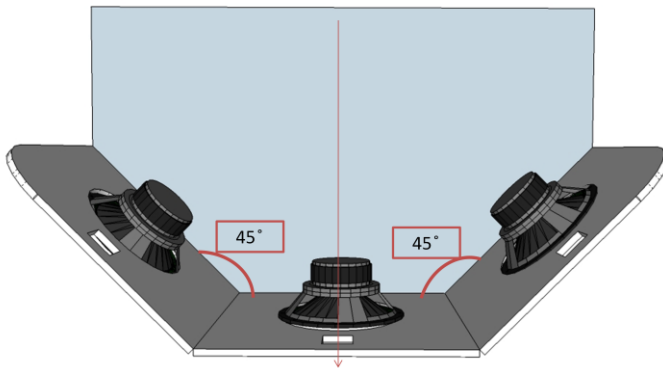
Kerangka mekanik dari sistem pengarah suara dibuat menggunakan akrilik warna putih yang disusun sedemikian rupa agar dapat berfungsi sebagai wujud dari sistem pengarah suara. Gambar-gambar di bawah ini merupakan rencana desain dari sistem pengarah suara



Gambar 3. 7 Rencana Desain Kerangka Mekanik



Gambar 3. 8 Desain Tampak Depan Kerangka Mekanik Sistem



Gambar 3. 9 Desain Tampak Atas Kerangka Mekanik Sistem Pengarah Suara

Pada perancangan mekanik sistem pengarah suara disediakan enam lubang dengan tiga lubang bagian atas sebagai tempat sensor PIR

dan tiga lubang bagian bawah digunakan sebagai tempat speaker.

3.3 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak digunakan untuk memprogram mikrokontroler yaitu arduino uno. Arduino di sini bertugas untuk mengatur kontrol switch analog agar switch pengatur volume menjadi on atau off. Untuk mengatur kontrol switch analog diperlukan program sebagai berikut

Algoritma Switch Analog

Masukan: pirL, pirC, pirR

Keluaran: speakerL, speakerC, speakerR

Lakukan

Jika pirL low,pirC low,pirR low maka

SpeakerL 0%, SpeakerC 0%, SpeakerR 0%

Jika pirL low,pirC low,pirR high maka

SpeakerL 0%, SpeakerC 0%, SpeakerR 100%

Jika pirL low,pirC high,pirR low maka

SpeakerL 10%, SpeakerC 100%, SpeakerR 10%

Jika pirL low,pirC high,pirR high maka

SpeakerL 10%, SpeakerC 56%, SpeakerR 56%

Jika pirL high, pirC low, pirR low maka

SpeakerL 100%, SpeakerC 0%, SpeakerR 0%

Jika pirL high,pirC low,pirR high maka

SpeakerL 56%, SpeakerC 10%, SpeakerR 56%

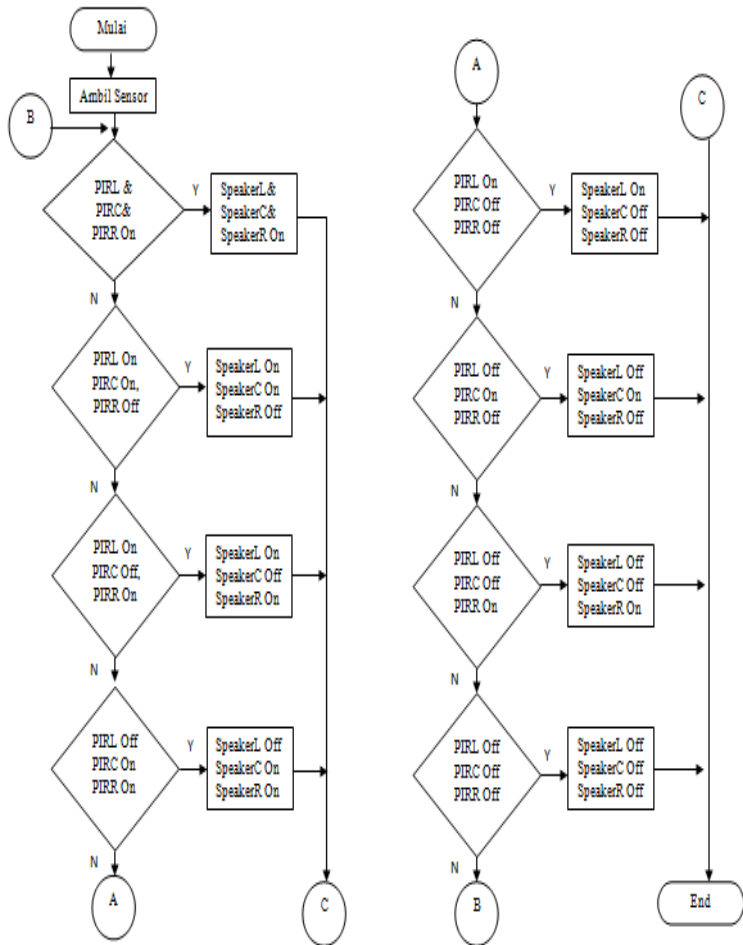
Jika pirL high,pirC high,pirR low maka

SpeakerL 56%, SpeakerC 56%, SpeakerR 10%

Jika pirL low,pirC low,pirR low maka

SpeakerL100%, SpeakerC 100%, SpeakerR 100%

Berhenti



Gambar 3. 10 Flowchart Program

BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini membahas tentang pengujian dari sistem yang telah dirancang beserta analisis daya yang diperoleh saat pengujian. Pengujian-pengujian yang dilakukan meliputi pengujian sensor pir, pengujian switch elektrik, dan pengujian keseluruhan sistem.

4.1 Realisasi Desain Kerangka Mekanik Sistem

Desain kerangka mekanik pada sistem ini dikerjakan dengan tebal akrilik 5 mm, dengan tinggi 204 mm dan lebar tiap sisinya 200 mm. Bagian bawah memiliki lebar 489 mm dan panjang 318 mm.



Gambar 4. 1 Realisasi Desain Sistem

4.2 Pengujian Sensor PIR

Pengujian sensor PIR bertujuan agar mengetahui jarak jangkauan sensor PIR dan sudut pandang dari sensor PIR. Tabel dibawah merupakan hasil pengujian sensor. Berikut hasil pengujian sensor PIR.

Tabel 4. 1 Hasil pengujian sensor PIR 0° hingga 90°

Jarak(m)	Derajat(°)									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L

1.5	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
2	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
2.5	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
3	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
3.5	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
4	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
4.5	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
5	H	H	H	H	H	H	H	L	L	L

Tabel 4. 2 Hasil pengujian PIR 0° hingga -90°

Jarak(m)	Derajat(°)									
	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90
1	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
1.5	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
2	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
2.5	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
3	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
3.5	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
4	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
4.5	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L
5	H	H	H	H	H	H	H	L	L	L

Pada tabel 4.1 dan tabel 4.2 ‘H’ merupakan kondisi dimana sensor PIR mendeteksi adanya objek dan ‘L’ merupakan kondisi dimana sensor PIR tidak mendeteksi adanya objek.

Dari hasil pengujian sensor PIR pada sudut 0° hingga 90° dengan jarak 1 hingga 5 meter dengan objek (manusia) didapatkan data sebagaimana pada tabel 4.1. Pada sudut 0° hingga sudut 60° pada jarak 1 hingga 4,5 meter uji coba sensor PIR berhasil mendeteksi adanya objek . Sedangkan pada sudut 80° hingga sudut 90° sensor pir tidak dapat mendeteksi objek. Pada jarak 5 meter sensor PIR hanya dapat mendeteksi objek pada sudut 0° hingga 60°.

Dari hasil pengujian sensor PIR pada sudut 0° hingga -90° dengan jarak 1 hingga 5 meter dengan objek (manusia) didapatkan data sebagaimana pada tabel 4.2. Pada sudut 0° hingga sudut -60° pada jarak 1 hingga 4,5 meter uji coba sensor PIR berhasil mendeteksi adanya objek. Sedangkan pada sudut -80° hingga sudut -90° sensor pir tidak dapat

mendeteksi objek. Pada jarak 5 meter sensor PIR hanya dapat mendeteksi objek pada sudut 0° hingga -60° .

Tabel 4. 3 Pengujian 3 Sensor PIR

Kiri	Depan	Kanan	PIR Kiri	PIR Depan	PIR Kanan
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	1	1
1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	0	1
1	1	0	1	1	0
1	1	1	1	1	1

Pada tabel 4.3 ‘1’ berarti High dan ‘0’ berarti ‘Low’. Berdasarkan pengujian 3 sensor PIR didapatkan hasil yang sesuai antara posisi audiens dengan output (indikator lampu LED) pada sensor PIR.

4.3 Pengujian Switch Analog

Hasil dari pengujian switch analog didapatkan sebagaimana hasil pada gambar di bawah:



Gambar 4. 2 Pengujian Switch analog dengan Volume 0%

Pada gambar 4.2 merupakan pengujian switch elektrik dengan volume 0 %. Gelombang yang berwarna hijau merupakan sinyal input dari function generator dan sinyal yang berwarna kuning merupakan sinyal output. Pada gambar tersebut terlihat bahwa sinyal output teredam hingga 0% dari sinyal input.



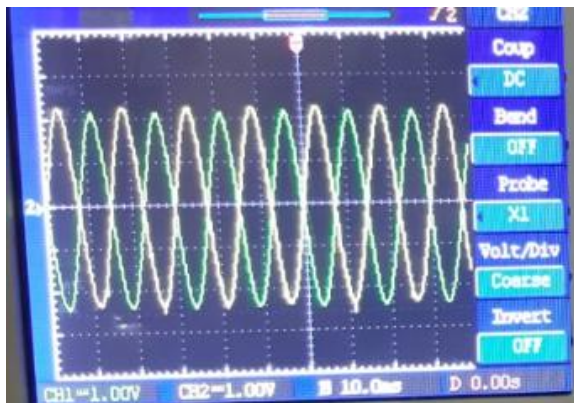
Gambar 4. 3 Pengujian Switch analog dengan volume 10%

Pada gambar 4.3 merupakan pengujian switch elektrik dengan volume 10 %. Gelombang yang berwarna hijau merupakan sinyal input dari function generator dan sinyal yang berwarna kuning merupakan sinyal output. Pada gambar tersebut terlihat bahwa sinyal output teredam hingga 90 % dari sinyal input.



Gambar 4. 4 Pengujian Switch analog dengan volume 50%

Pada gambar 4.4 merupakan pegujian switch elektrik dengan volume 50 %. Gelombang yang berwarna hijau merupakan sinyal input dari function generator dan sinyal yang berwarna kuning merupakan sinyal output. Pada gambar tersebut terlihat bahwa sinyal output teredam hingga 50 % dari sinyal input.



Gambar 4. 5 Pengujian Switch analog dengan Volume 100%

Pada gambar 4.5 gelombang yang berwarna hijau merupakan sinyal input dari function generator dan sinyal yang berwarna kuning merupakan sinyal output. Pada gambar tersebut terlihat bahwa sinyal

output mencapai 100 % dari sinyal input.

4.4 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pada pengujian ini sistem yang dibuat berhasil menyesuaikan posisi audien. Keluaran pada sistem pengarah suara berhasil mengeluarkan volume suara 10%, 50%, dan 100%

Berdasarkan pada tabel 4.4 terlihat ketika ketiga sensor pir tidak mendeteksi adanya objek volume dari speaker kiri, speaker depan dan speaker kanan mengeluarkan suara dengan volume 10%. Ketika Sensor PIR kanan mendeteksi adanya objek sedangkan sensor PIR depan dan sensor PIR kiri tidak mendeteksi adanya objek speaker kanan mengeluarkan suara dengan volume 100% sedangkan speaker depan dan speaker kiri mengeluarkan suara dengan volume 10% . Ketika sensor PIR depan mendeteksi adanya objek sedangkan sensor PIR kiri dan sensor PIR kanan tidak mendeteksi adanya objek maka speaker depan mengeluarkan suara dengan volume 100% sedangkan speaker depan dan speaker kanan mengeluarkan suara dengan volume 10%. Ketika sensor PIR depan dan sensor PIR kanan mendeteksi adanya objek sedangkan sensor PIR kiri tidak mendeteksi adanya objek maka speaker depan dan speaker kanan mengeluarkan suara dengan volume 50% sedangkan speaker kiri mengeluarkan suara dengan volume 10%. Ketika sensor PIR kiri mendeteksi adanya objek sedangkan speaker depan dan speaker kanan tidak mendeteksi adanya objek maka speaker kiri mengeluarkan suara dengan volume 100% sedangkan speaker depan dan speaker kanan mengeluarkan suara dengan volume 10%. Ketika sensor PIR kiri dan sensor PIR kanan mendeteksi adanya objek sedangkan sensor PIR depan tidak mendeteksi adanya objek maka speaker kiri dan speaker kanan mengeluarkan suara dengan volume 50% sedangkan speaker depan mengeluarkan suara dengan volume 10%. Ketika sensor PIR kiri dan sensor PIR depan mendeteksi adanya objek maka speaker kiri dan speaker depan mengeluarkan suara dengan volume 50% sedangkan speaker kanan mengeluarkan suara dengan volume 10%. Ketika ketiga sensor PIR mendeteksi adanya objek maka ketiga speaker pada alat ini mengeluarkan suara 100%.

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem Terhadap Audiens

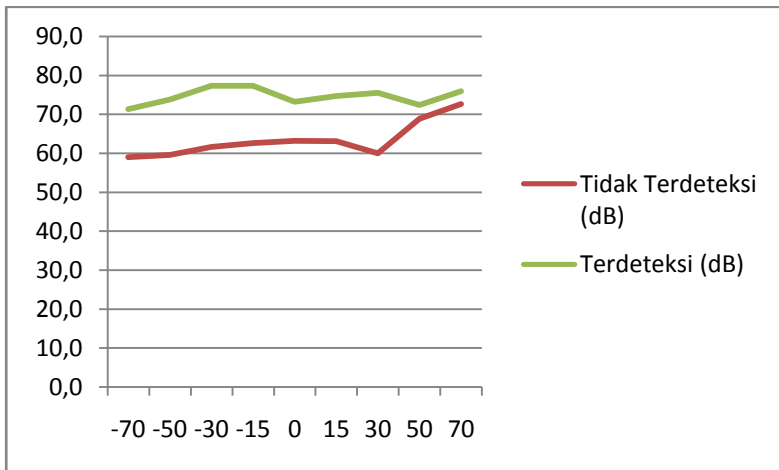
Sensor PIR			Speaker Kiri				Speaker Depan				Speaker Kanan			
Kiri	Depan	Kanan	0%	10%	50%	100%	0%	10%	50%	100%	0%	10%	50%	100%
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
0	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0
1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1

‘1’ pada tabel 4.4 merupakan indikasi terdeteksi adanya objek pada sistem dan ‘0’ merupakan indikasi tidak terdeteksinya adanya objek pada sistem.

4.5 Pengujian Kenyaringan Alat

Tabel 4. 5 Pengujian Speaker Kanan

Sudut	Tidak Terdeteksi (dB)	Terdeteksi (dB)
-70	59	71.3
-50	59.6	73.8
-30	61.6	77.3
-15	62.6	77.3
0	63.2	73.2
15	63.1	74.7
30	60.0	75.5
50	68.8	72.4
70	72.6	75.9

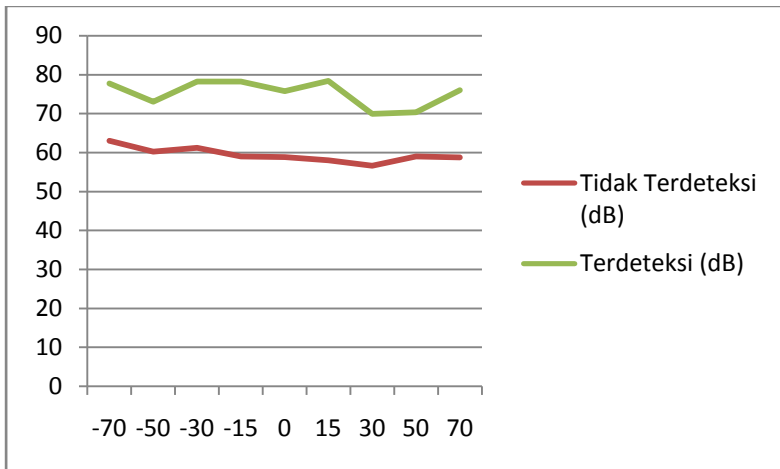


Gambar 4. 6 Pengujian speaker kanan

Pada tabel 4.5 terlihat kenyaringan bunyi tertinggi terdapat pada sudut -30° dan -15° . Hal ini terjadi karena posisi objek berada diantara posisi speaker depan dan speaker kiri, yang merupakan gabungan fov antara sensor PIR depan dan sensor PIR kiri.

Tabel 4. 6 Pengujian Speaker Depan

Sudut	Tidak Terdeteksi (dB)	Terdeteksi (dB)
-70	63	77.7
-50	60.2	73
-30	61.2	78.2
-15	59	78.2
0	58.8	75.8
15	58	78.4
30	56.6	69.9
50	59	70.3
70	58.7	76



Gambar 4. 7 Pengujian speaker depan

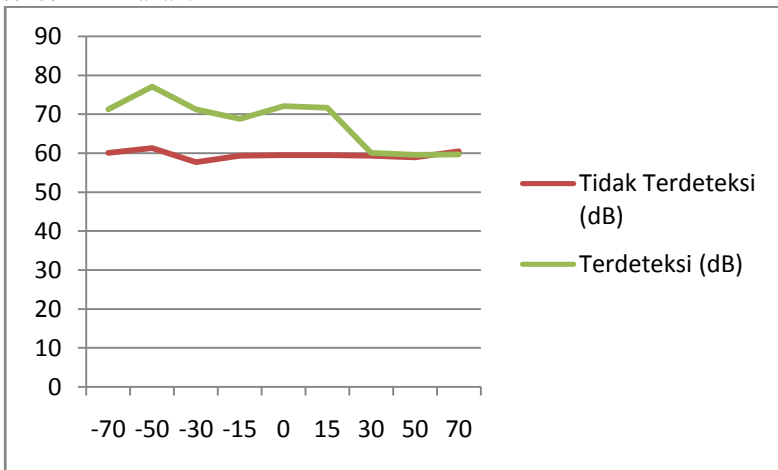
Pada tabel 4.6 terlihat kenyaringan bunyi tertinggi terdapat pada sudut -30°, sudut -15°, dan 15°. Hal ini terjadi karena posisi objek berada diantara posisi speaker depan dan posisi speaker kiri serta posisi speaker depan dan posisi speaker kanan, yang merupakan gabungan fov antara sensor PIR depan dan sensor PIR kiri serta sensor PIR depan dan sensor PIR kanan.

Tabel 4. 7 Pengujian Speaker Kiri

Sudut	Tidak Terdeteksi (dB)	Terdeteksi (dB)
-------	-----------------------	-----------------

-70	60.1	71.3
-50	61.3	77.1
-30	57.7	71.3
-15	59.3	68.8
0	59.5	72.1
15	59.5	71.7
30	59.3	60.1
50	58.9	59.6
70	60.5	59.7

Pada tabel 4.7 terlihat kenyaringan bunyi tertinggi terdapat pada sudut -50°. Hal ini terjadi karena posisi objek berada diantara posisi speaker depan dan posisi speaker kiri yang merupakan gabungan fov antara sensor PIR depan dan sensor PIR kiri serta sensor PIR depan dan sensor PIR kanan.



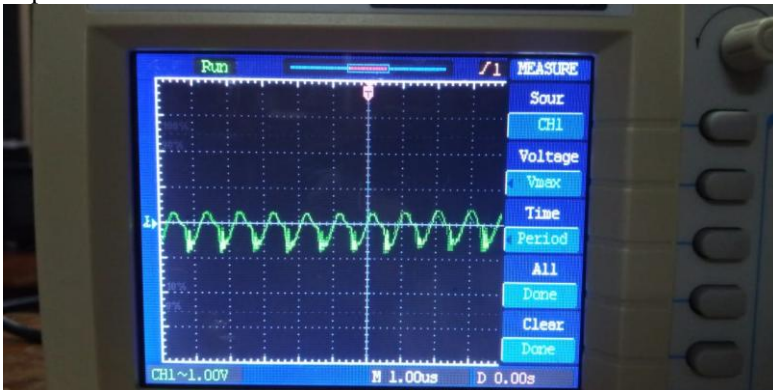
Gambar 4. 8 Pengujian speaker kiri



Gambar 4. 9 Pengujian kenyaringan sistem

4.6 Pengujian Power Amplifier

Pada pengujian ini output power amplifier dihubungkan dengan probe osiloskop, untuk mengetahui bentuk sinyal output pada power amplifier.



Gambar 4. 10 Hasil pengujian power amplifier

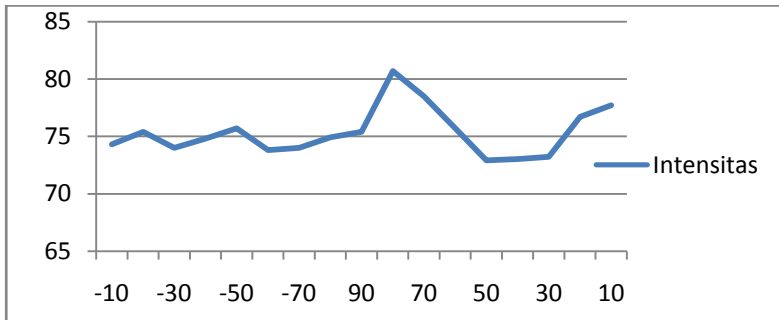
4.7 Pengujian Intensitas Suara

Pada pengujian ini dilakukan pada sistem pengarah suara dengan objek berada pada sudut 70° dengan jarak 0,5 meter.

Tabel 4. 8 Pengujian Intensitas Suara pada Sudut Objek 70°

Sudut Objek ($^\circ$)	Sudut Pengukuran ($^\circ$)	Intensitas (dB)
70	-10	74.3
	-20	75.4

	-30	74
	-40	74.8
	-50	75.7
	-60	73.8
	-70	74
Sudut Objek (°)	Sudut Pengukuran (°)	Intensitas (dB)
70	-80	74.9
	90	75.4
	80	80.7
	70	78.5
	60	75.7
	50	72.9
	40	73
	30	73.2
	20	76.7
	10	77.7



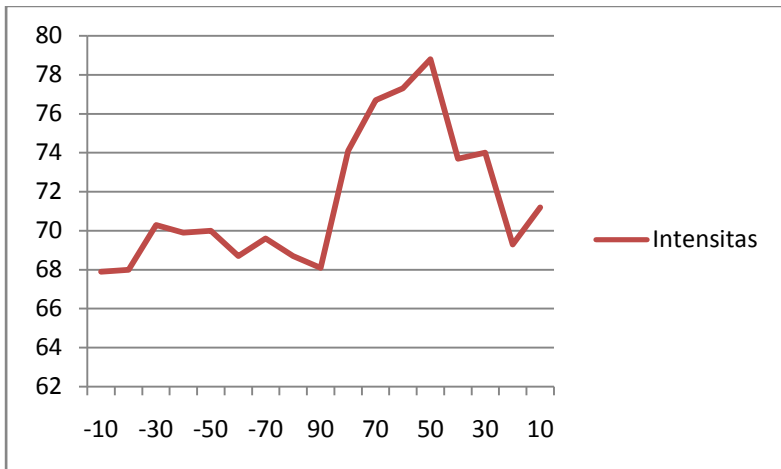
Gambar 4.11 Intensitas suara pada sudut objek 70° dan jarak 0,5 meter

Pada pengujian intensitas suara pada sudut 70° dengan jarak 0,5 meter terlihat bahwa nilai maksimu terdapat pada sudut pengukuran 80°, hal ini terjadi karena sudut objek berada pada sudut 70°.

Pada pengujian selanjutnya dilakukan pengujian intensitas suara pada sudut 70° dengan jarak 1 meter.

Sudut Objek (°)	Sudut Pengukuran (°)	Intensitas (dB)
70	-10	67.9
	-20	68

	-30	70,3
	-40	69.9
	-50	70.0
	-60	68.7
	-70	69.6
	-80	68.7
	90	68.1
	80	74.1
	70	76.7
	60	77.2
	50	78.8
	40	73.7
	30	74
	20	69.3
	10	71.2



Gambar 4. 12 Intensitas suara pada sudut objek 70° dan jarak 1 meter

Pada pengujian intensitas suara pada sudut 70° dengan jarak 1 meter terlihat intensitas suara tertinggi berada pada sudut objek 50° hal ini dikarenakan sudut pengukuran berada pada sudut 70°.

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dirancang sistem pengarah suara berdasarkan posisi audiens menggunakan sensor PIR dan mikrokontroler arduino setelah seluruh sistem terealisasi dilakukan tujuh pengujian yaitu pengujian sensor PIR, pengujian switch analog, pengujian keseluruhan sistem, pengujian kenyaringan alat, pengujian power amplifier, dan pengujian intensitas suara. Pada pengujian sensor PIR pada saat sensor PIR mendeteksi objek pada sudut 0° hingga 70° dan pada sudut 0° hingga -70° pada jarak 1 hingga 4,5 meter sedangkan pada jarak 5 meter berhasil mendapatkan hasil yang sesuai dengan teori sedangkan pada sudut 0° hingga 60° dan pada sudut 0° hingga -60° . Pada pengujian switch analog, terlihat gelombang output dibandingkan input sesuai dengan perancangan sistem yaitu pada volume 0%, 10%, 50%, dan 100%. Pada pengujian keseluruhan sistem terdapat volume 10%, 50% 100% yang keluar sebagai output.

5.2 Saran

Saran untuk pengembangan tugas akhir ini adalah metode untuk pendeteksian sensor PIR dapat menggunakan sinyal analog dari sensor PIR agar dapat mengetahui jarak dari objek yang dideteksi. Selain itu dapat juga dengan menambahkan jumlah speaker dari alat yang dibuat dan penyempurnaan pada switch analog agar dapat menghasilkan empat jenis volume suara.

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Olly Bangon Baskhoro, Muhammad Rivai, Fajar Budiman (2018). Pengarah Suara Pada Sistem Audio Berdasarkan Beda Fasa Menggunakan FPGA. *Jurnal Teknik ITS*. 7.10.1296210.12962/j23373539.v7i1.28564.
- [2] "Museum di Jatim Minim Pengunjung." [Daring]. Tersedia pada : <http://kominfo.jatimprov.go.id/read/umum/34641>. Diakses: [16-Oktober-2018]
- [3] "Karakteristik Gelombang Suara." [Daring]. Tersedia pada : <http://www.kursksalvage.com/karakteristik-gelombang-suara/> [6-November-2018]
- [4] "Sinyal Audio." [Daring]. Tersedia pada: <http://elektronika-dasar.web.id/sinyal-audio-gelombang-suara/> [6-November-2018]
- [5] J.Xiong, F.Li and J.Liu, "Fusion of Different Height Pyroelectric Infrared Sensors for Person Identification," in *IEEE Sensors Journal*, vol 16, no. 2, pp. 436-446, Jan. 15,2016
- [6] C. Twumasi, K. A. Dotche, W. Banuamah and F. Sekyere, "Energy saving system using a PIR sensor for classroom monitoring." *2017 IEEE PES PowerAfrica*, Accra, 2017, pp. 347-351.
- [7] P. Zappi, E. Farella, and L. Benini, "Tracking Motion Direction and Distance With Pyroelectric IR Sensors," in *IEEE Sensors Journal*, vol. 10,no. 9,pp. 1486-1494, Sept. 2010
- [8] R. Murakami, M. Inamori, and M. Morimoto, "Effects of Q factor on Wireless Power Transmission by Magnetic Resonant Coupling," 2016, pp 139-143
- [9] H. Gami, "Movement Direction and Distance Classification Using a Single PIR Sensor," in *IEEE Sensors Letters*, vol. 2, no.1, pp. 1-4 March 2018
- [10] R. Harikrishnan and P. Sivagami, "Intelligent Power Saving System Using PIR Sensors," *2017 International conference of Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA)*, Coimbatore, 2017, pp. 573-577
- [11] K. Lai, B. Ku and C. Wen, "Using Cooperative PIR Sensing for Human Indoor Localization," *2018. 27th Wireless and Optical Communication Conference (WOCC)*, Hualien, 2018, pp.1-5.
- [12] "Sensor PIR." [Daring]. Tersedia pada : <https://docplayer.info/45255335-Bab-2-landasan-teori-sensor-pir->

- yang-sering-digunakan-dalam-pembangunan-pir-berbasis-detektor-pir-untuk-mengaktifkan-jika-bergerak-di-bidang-sensor.html/ [19-April-2019]
- [13] Bodhibrata Mukhopadhyay, Surat Kar, S. Sringarajan, "Modeling the Analog Response of Passive Infrared Sensor," in *Sensors and Actuators A Physical*. August 2018.\
- [14] "Arduino Uno". [Daring]. Diakses pada : <http://belajar-dasar-pemrograman.blogspot.com/2013/03/arduino-uno.html/> [19 April 2019]
- [15] "Arduino Uno Schematic".[Daring]. Diakses pada : https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/Arduino_Uno_Rev3-schematic.pdf/ [19-April-2019].
- [16] "Power Amplifier Kelas AB".[Daring]. Diakses pada :[<http://elektronika-dasar.web.id/power-amplifier-kelas-ab/>] [17-April-2019].
- [17]"Mengenal Speaker."[Daring]. Tersedia pada : <https://speaker2k2.blogspot.com/2016/11/mengenal-speaker.html> [12-Desember-2018]
- [18] "Apa itu impedansi pada speaker."[Daring]. Tersedia pada: <https://www.audioengine.co.id/apa-itu-impedanso-speaker.> [12-Desember-2018]
- [19] "Sekilas mengenai konverter DC-DC."[Daring]. Tersedia pada : [Htpps:// indone5ia.wordpress.com/2011/09/02/sekilas-mengenai-konverter-dc-dc.](https://indone5ia.wordpress.com/2011/09/02/sekilas-mengenai-konverter-dc-dc.) [27-Juni-2019]

LAMPIRAN A

Program Switch Analog

Berikut merupakan program untuk switch analog pada sistem ini :

```
const int pirKiri = A1;
const int pirTengah = A2;
const int pirKanan = A3;

const int spkKiri100 = 5;
const int spkKiri56 = 4;
const int spkKiri10 = 3;
const int spkKiri0 = 2;
const int spkTengah100 = 9;
const int spkTengah56 = 8;
const int spkTengah10 = 7;
const int spkTengah0 = 6;
const int spkKanan100 = 13;
const int spkKanan56 = 12;
const int spkKanan10 = 11;
const int spkKanan0 = 10;

int sensorValueKiri = 0;
int sensorValueTengah = 0;
int sensorValueKanan = 0;
int outputValueKiri = 0;
int outputValueTengah = 0;
int outputValueKanan = 0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(spkKiri100, OUTPUT);
  pinMode(spkKiri56, OUTPUT);
  pinMode(spkKiri10, OUTPUT);
  pinMode(spkKiri0, OUTPUT);
  pinMode(spkTengah100, OUTPUT);
```

```

pinMode(spK Tengah56, OUTPUT);
pinMode(spK Tengah10, OUTPUT);
pinMode(spK Tengah0, OUTPUT);
pinMode(spK Kanan100, OUTPUT);
pinMode(spK Kanan56, OUTPUT);
pinMode(spK Kanan10, OUTPUT);
pinMode(spK Kanan0, OUTPUT);

}

void loop() {
  sensorValueKiri = analogRead(pirKiri);
  outputValueKiri = map(sensorValueKiri, 0, 1023, 0, 100);
  sensorValueTengah = analogRead(pirTengah);
  outputValueTengah = map(sensorValueTengah, 0, 1023, 0, 100);
  sensorValueKanan = analogRead(pirKanan);
  outputValueKanan = map(sensorValueKanan, 0, 1023, 0, 100);

  Serial.print(outputValueKiri);
  Serial.print("\t");
  Serial.print(outputValueTengah);
  Serial.print("\t");
  Serial.println(outputValueKanan);

  if
  ((outputValueKiri<60)and(outputValueTengah<60)and(outputValueKanan<60)){
    digitalWrite(spK Kiri0, HIGH);digitalWrite(spK Kiri10,
LOW);digitalWrite(spK Kiri56, LOW);digitalWrite(spK Kiri100, LOW);
    digitalWrite(spK Tengah0, HIGH);digitalWrite(spK Tengah10,
LOW);digitalWrite(spK Tengah56, LOW);digitalWrite(spK Tengah100,
LOW);
    digitalWrite(spK Kanan0, HIGH);digitalWrite(spK Kanan10,
LOW);digitalWrite(spK Kanan56, LOW);digitalWrite(spK Kanan100,
LOW);
  }
  if
  ((outputValueKiri<60)and(outputValueTengah<60)and(outputValueKanan<60)){

```

```

n>60)){
    digitalWrite(spKiri0, HIGH);digitalWrite(spKiri10,
LOW);digitalWrite(spKiri56, LOW);digitalWrite(spKiri100, LOW);
    digitalWrite(spKTengah0, HIGH);digitalWrite(spKTengah10,
LOW);digitalWrite(spKTengah56, LOW);digitalWrite(spKTengah100,
LOW);
    digitalWrite(spKanan0, LOW);digitalWrite(spKanan10,
LOW);digitalWrite(spKanan56, LOW);digitalWrite(spKanan100,
HIGH);
}
if
((outputValueKiri<60)and(outputValueTengah>60)and(outputValueKana
n<60)){
    digitalWrite(spKiri0, LOW);digitalWrite(spKiri10,
HIGH);digitalWrite(spKiri56, LOW);digitalWrite(spKiri100, LOW);
    digitalWrite(spKTengah0, LOW);digitalWrite(spKTengah10,
LOW);digitalWrite(spKTengah56, LOW);digitalWrite(spKTengah100,
HIGH);
    digitalWrite(spKanan0, LOW);digitalWrite(spKanan10,
HIGH);digitalWrite(spKanan56, LOW);digitalWrite(spKanan100,
LOW);
}
if
((outputValueKiri<60)and(outputValueTengah>60)and(outputValueKana
n>60)){
    digitalWrite(spKiri0, LOW);digitalWrite(spKiri10,
HIGH);digitalWrite(spKiri56, LOW);digitalWrite(spKiri100, LOW);
    digitalWrite(spKTengah0, LOW);digitalWrite(spKTengah10,
LOW);digitalWrite(spKTengah56, HIGH);digitalWrite(spKTengah100,
LOW);
    digitalWrite(spKanan0, LOW);digitalWrite(spKanan10,
LOW);digitalWrite(spKanan56, HIGH);digitalWrite(spKanan100,
LOW);
}
if
((outputValueKiri>60)and(outputValueTengah<60)and(outputValueKana
n<60)){
    digitalWrite(spKiri0, LOW);digitalWrite(spKiri10,

```

```

LOW);digitalWrite(spKiri56, LOW);digitalWrite(spKiri100, HIGH);
    digitalWrite(spKiriTengah0, HIGH);digitalWrite(spKiriTengah10,
LOW);digitalWrite(spKiriTengah56, LOW);digitalWrite(spKiriTengah100,
LOW);
    digitalWrite(spKiriKanan0, HIGH);digitalWrite(spKiriKanan10,
LOW);digitalWrite(spKiriKanan56, LOW);digitalWrite(spKiriKanan100,
LOW);
}
if
((outputValueKiri>60)and(outputValueTengah<60)and(outputValueKana
n>60)){
    digitalWrite(spKiri0, LOW);digitalWrite(spKiri10,
LOW);digitalWrite(spKiri56, HIGH);digitalWrite(spKiri100, LOW);
    digitalWrite(spKiriTengah0, LOW);digitalWrite(spKiriTengah10,
HIGH);digitalWrite(spKiriTengah56, LOW);digitalWrite(spKiriTengah100,
LOW);
    digitalWrite(spKiriKanan0, LOW);digitalWrite(spKiriKanan10,
LOW);digitalWrite(spKiriKanan56, HIGH);digitalWrite(spKiriKanan100,
LOW);
}
if
((outputValueKiri>60)and(outputValueTengah>60)and(outputValueKana
n<60)){
    digitalWrite(spKiri0, LOW);digitalWrite(spKiri10,
LOW);digitalWrite(spKiri56, HIGH);digitalWrite(spKiri100, LOW);
    digitalWrite(spKiriTengah0, LOW);digitalWrite(spKiriTengah10,
LOW);digitalWrite(spKiriTengah56, HIGH);digitalWrite(spKiriTengah100,
LOW);
    digitalWrite(spKiriKanan0, LOW);digitalWrite(spKiriKanan10,
HIGH);digitalWrite(spKiriKanan56, LOW);digitalWrite(spKiriKanan100,
LOW);
}
if
((outputValueKiri>60)and(outputValueTengah>60)and(outputValueKana
n>60)){
    digitalWrite(spKiri0, LOW);digitalWrite(spKiri10,
LOW);digitalWrite(spKiri56, LOW);digitalWrite(spKiri100, HIGH);
    digitalWrite(spKiriTengah0, LOW);digitalWrite(spKiriTengah10,

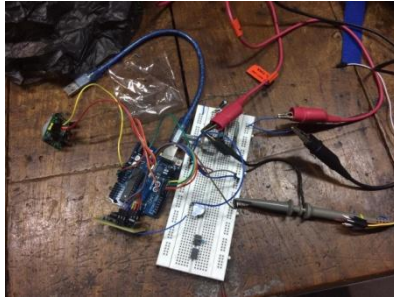
```

```
LOW);digitalWrite(spK Tengah56, LOW);digitalWrite(spK Tengah100,  
HIGH);  
    digitalWrite(spK Kanan0, LOW);digitalWrite(spK Kanan10,  
LOW);digitalWrite(spK Kanan56, LOW);digitalWrite(spK Kanan100,  
HIGH);  
}  
//delay(500);}
```

.....*Halaman ini sengaja dikosongkan*.....

LAMPIRAN B

Pengujian Switch Analog



Pengujian Keseluruhan Sistem





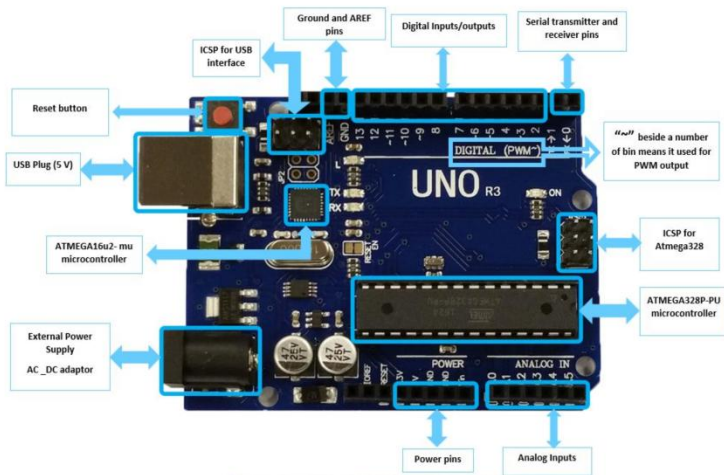
Pengujian Kenyaringan Sistem



LAMPIRAN C



Arduino Uno R3



INTRODUCTION

Arduino is used for building different types of electronic circuits easily using of both a physical programmable circuit board usually microcontroller and piece of code running on computer with USB connection between the computer and Arduino.

Programming language used in Arduino is just a simplified version of C++ that can easily replace thousands of wires with words.

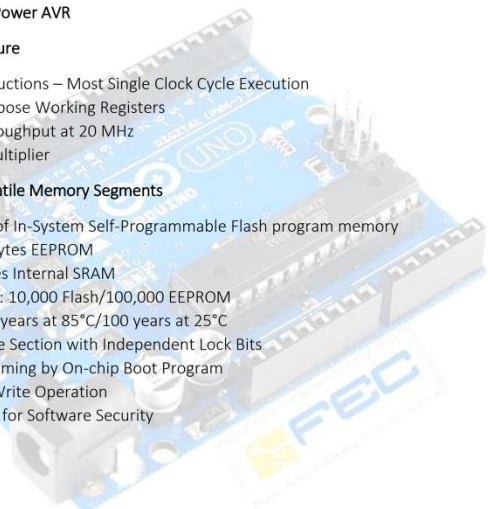


ARDUINO UNO-R3 PHYSICAL COMPONENTS

ATMEGA328P-PU microcontroller

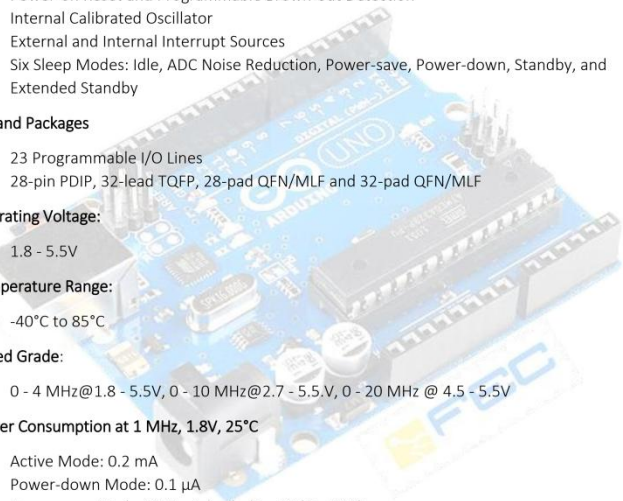
The most important element in Arduino Uno R3 is ATMEGA328P-PU is an 8-bit Microcontroller with flash memory reach to 32k bytes. It's features as follow:

- High Performance, Low Power AVR
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Up to 20 MIPS Throughput at 20 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
 - 4/8/16/32K Bytes of In-System Self-Programmable Flash program memory
 - 256/512/512/1K Bytes EEPROM
 - 512/1K/1K/2K Bytes Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
 - 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
 - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package
 - Temperature Measurement
 - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package
 - Temperature Measurement
 - Programmable Serial USART





- Master/Slave SPI Serial Interface
 - Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I2 C compatible)
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- **Special Microcontroller Features**
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- **I/O and Packages**
 - 23 Programmable I/O Lines
 - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- **Operating Voltage:**
 - 1.8 - 5.5V
- **Temperature Range:**
 - -40°C to 85°C
- **Speed Grade:**
 - 0 - 4 MHz@1.8 - 5.5V, 0 - 10 MHz@2.7 - 5.5V, 0 - 20 MHz @ 4.5 - 5.5V
- **Power Consumption at 1 MHz, 1.8V, 25°C**
 - Active Mode: 0.2 mA
 - Power-down Mode: 0.1 μ A
 - Power-save Mode: 0.75 μ A (Including 32 kHz RTC)





- Pin configuration

(PCINT14/RESET) PC6	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)
(PCINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)
(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11)
(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10)
(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9)
(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8)
VCC	7	22	GND
GND	8	21	AREF
(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC
(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5)
(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4)
(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)
(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 ($\bar{S}S$ /OC1B/PCINT2)
(PCINT0/CLKO/ICP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1)

ATMEGA16u2- mu microcontroller

Is a 8-bit microcontroller used as USB driver in Arduino uno R3 it's features as follow:

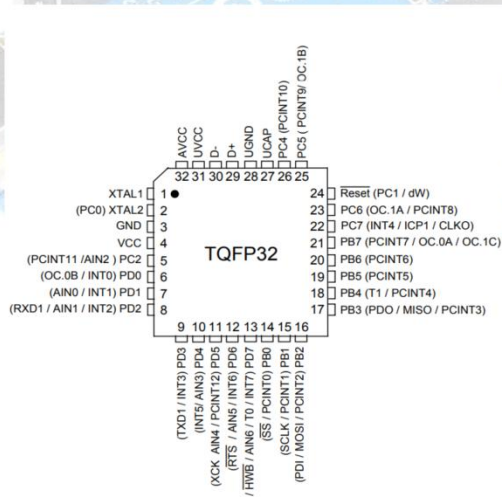
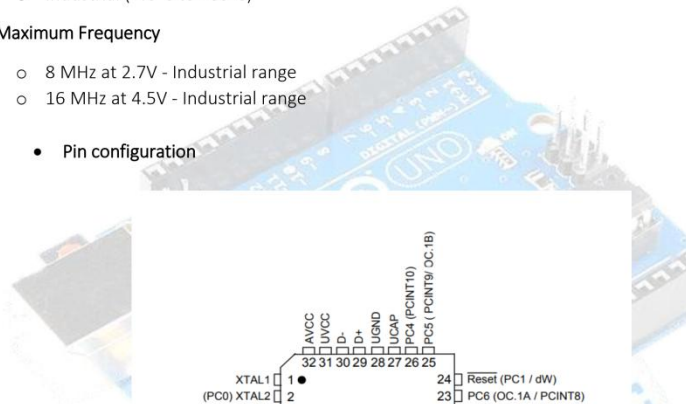
- High Performance, Low Power AVR
- Advanced RISC Architecture
 - 125 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
- Non-volatile Program and Data Memories
 - 8K/16K/32K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
 - 512/512/1024 EEPROM
 - 512/512/1024 Internal SRAM
 - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/ 100,000 EEPROM
 - Data retention: 20 years at 85°C/ 100 years at 25°C



- Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
- In-System Programming by on-chip Boot Program hardware-activated after reset
- Programming Lock for Software Security
- **USB 2.0 Full-speed Device Module with Interrupt on Transfer Completion**
 - Complies fully with Universal Serial Bus Specification REV 2.0
 - 48 MHz PLL for Full-speed Bus Operation: data transfer rates at 12 Mbit/s
 - Fully independent 176 bytes USB DPRAM for endpoint memory allocation
 - Endpoint 0 for Control Transfers: from 8 up to 64-bytes
 - 4 Programmable Endpoints:
 - IN or Out Directions
 - Bulk, Interrupt and Isochronous Transfers
 - Programmable maximum packet size from 8 to 64 bytes
 - Programmable single or double buffer
 - Suspend/Resume Interrupts
 - Microcontroller reset on USB Bus Reset without detach
 - USB Bus Disconnection on Microcontroller Request
- **Peripheral Features**
 - One 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler and Compare Mode (two 8-bit PWM channels)
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare and Capture Mode (three 8-bit PWM channels)
 - USART with SPI master only mode and hardware flow control (RTS/CTS)
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
 - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- **On Chip Debug Interface (debug WIRE)**
- **Special Microcontroller Features**
 - Power-On Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Five Sleep Modes: Idle, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- **I/O and Packages**
 - 22 Programmable I/O Lines
 - QFN32 (5x5mm) / TQFP32 packages



- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V
- Operating temperature
 - Industrial (-40°C to +85°C)
- Maximum Frequency
 - 8 MHz at 2.7V - Industrial range
 - 16 MHz at 4.5V - Industrial range
- Pin configuration





OTHER ARDUINO UNO R3 PARTS

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using `pinMode()`, `digitalWrite()`, and `digitalRead()` functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 k Ohms. In addition, some pins have specialized functions:

- Serial: 0 (RX) and 1 (TX). Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- External Interrupts: 2 and 3. These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value.
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11. Provide 8-bit PWM output with the `analogWrite()` function.
- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). These pins support SPI communication using the SPI library.
- LED: 13. There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Uno has 6 analog inputs, labeled A0 through A5, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the `analogReference()` function. Additionally, some pins have specialized functionality:

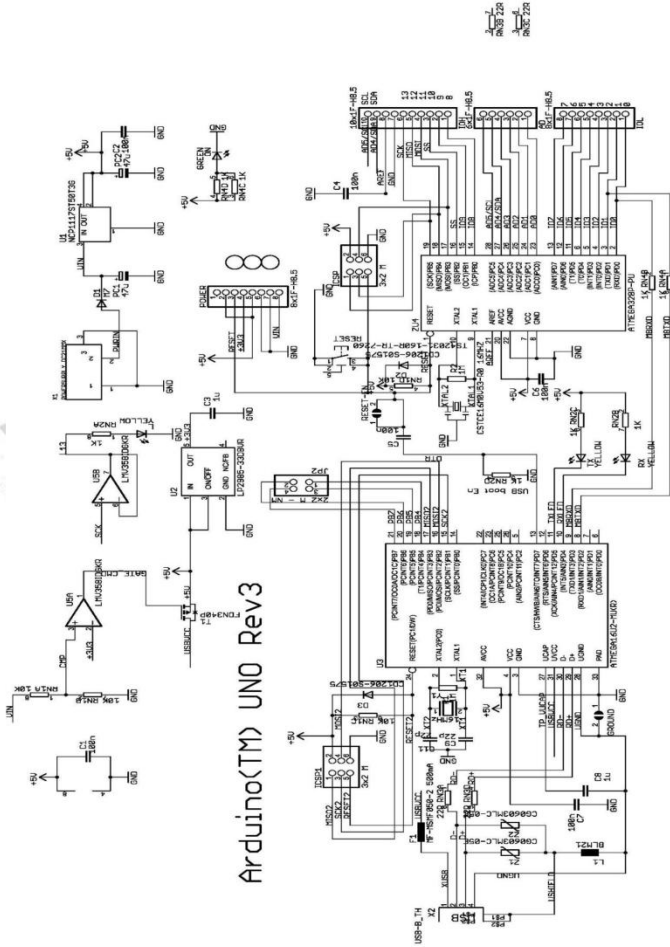
- TWI: A4 or SDA pin and A5 or SCL pin. Support TWI communication using the Wire library.

There are a couple of other pins on the board:

- AREF: Reference voltage for the analog inputs. Used with `analogReference()`.
- Reset: Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

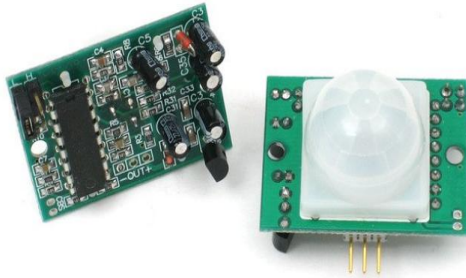


ARDUINO UNO R3 SCHEMATIC DIAGRAM

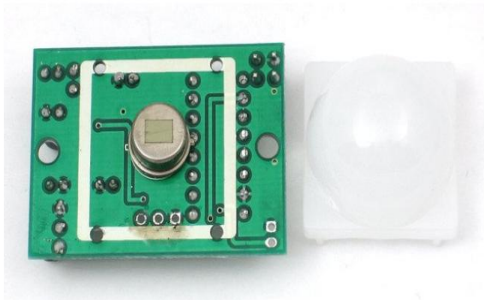


Overview

PIR sensors allow you to sense motion, almost always used to detect whether a human has moved in or out of the sensors range. They are small, inexpensive, low-power, easy to use and don't wear out. For that reason they are commonly found in appliances and gadgets used in homes or businesses. They are often referred to as PIR, "Passive Infrared", "Pyroelectric", or "IR motion" sensors.



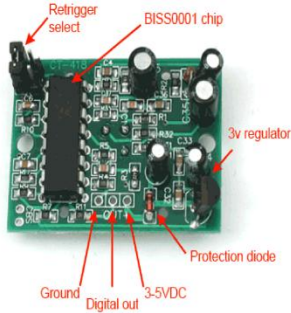
PIRs are basically made of a [pyroelectric sensor](https://adafru.it/aKh) (https://adafru.it/aKh) (which you can see below as the round metal can with a rectangular crystal in the center), which can detect levels of infrared radiation. Everything emits some low level radiation, and the hotter something is, the more radiation is emitted. The sensor in a motion detector is actually split in two halves. The reason for that is that we are looking to detect motion (change) not average IR levels. The two halves are wired up so that they cancel each other out. If one half sees more or less IR radiation than the other, the output will swing high or low.



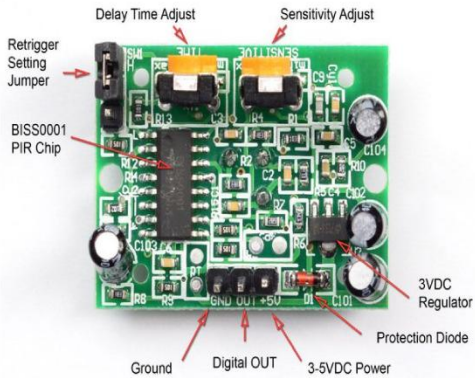
Along with the pyroelectric sensor is a bunch of supporting circuitry, resistors and capacitors. It seems that most small hobbyist sensors use the [BISS0001 \("Micro Power PIR Motion Detector IC"\)](https://adafru.it/cIR) (https://adafru.it/cIR), undoubtedly a very

inexpensive chip. This chip takes the output of the sensor and does some minor processing on it to emit a digital output pulse from the analog sensor.

Our older PIRs looked like this:



Our new PIRs have more adjustable settings and have a header installed in the 3-pin ground/out/power pads



For many basic projects or products that need to detect when a person has left or entered the area, or has approached, PIR sensors are great. They are low power and low cost, pretty rugged, have a wide lens range, and are easy to interface with. Note that PIRs won't tell you how many people are around or how close they are to the sensor, the lens is often fixed to a certain sweep and distance (although it can be hacked somewhere) and they are also sometimes set off by housepets. Experimentation is key!

Infrared Radiation _____

Infrared radiation exists in the electromagnetic spectrum at a wavelength that is longer than visible light. Infrared radiation cannot be seen but it can be detected. Objects that generate heat also generate infrared radiation and those objects include animals and the human body whose radiation is strongest at a wavelength of $9.4\mu\text{m}$.

Pyroelectric Sensors _____

The pyroelectric sensor is made of a crystalline material that generates a surface electric charge when exposed to heat in the form of infrared radiation. When the amount of radiation striking the crystal changes, the amount of charge also changes and can then be measured with a sensitive FET device built into the sensor. The sensor elements are sensitive to radiation over a wide range so a filter window is added to the TO5 package to limit incoming radiation to the 8 to $14\mu\text{m}$ range which is most sensitive to human body radiation.

Figure 1 shows how typically, the FET source terminal pin 2 connects through a pulldown resistor of about 100 K to ground and feeds into a two stage amplifier having signal conditioning circuits. Each of the two cascaded stages has a gain of 100 for a total gain of about 10,000. The amplifier is typically bandwidth limited to below 10Hz to reject high frequency noise and is followed by a window comparator that responds to both the positive and negative transitions of the sensor output signal. A well filtered power source of from 3 to 15 volts should be connected to the FET drain terminal pin 1.

The PIR325 sensor has two sensing elements connected in a voltage bucking configuration. This arrangement cancels signals caused by vibration, temperature changes and sunlight. A body passing in front of the sensor will activate first one and then the other element as shown in figure 2 whereas other sources will affect both elements simultaneously and be cancelled. The radiation source must pass across the sensor in a horizontal direction when sensor pins 1 and 2 are on a horizontal plane so that the elements are sequentially exposed to the IR source.

Figure 3 shows the PIR325 electrical specifications and layout in its TO5 package. Please note that the distance from the front of the sensing elements to the front of the filter window is 0.045 inch (1.143mm). Figures 4 and 5 describe a Fresnel lens designed to be used with the PIR325 sensor.

Figure 6 shows a typical application circuit that drives a relay. R10 and C6 adjust the amount of time that RY1 remains closed after motion is detected. When used with a PIR325 sensor and FL65 Fresnel lens, this circuit can detect motion at a distance of up to 90 feet.

TYPICAL CONFIGURATION

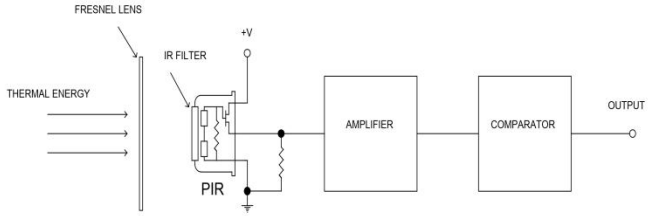


FIGURE 1

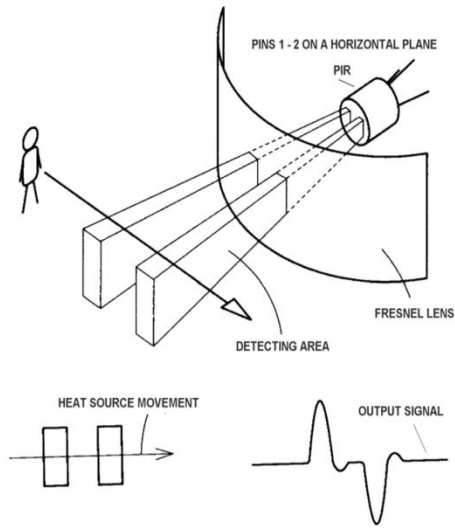


FIGURE 2

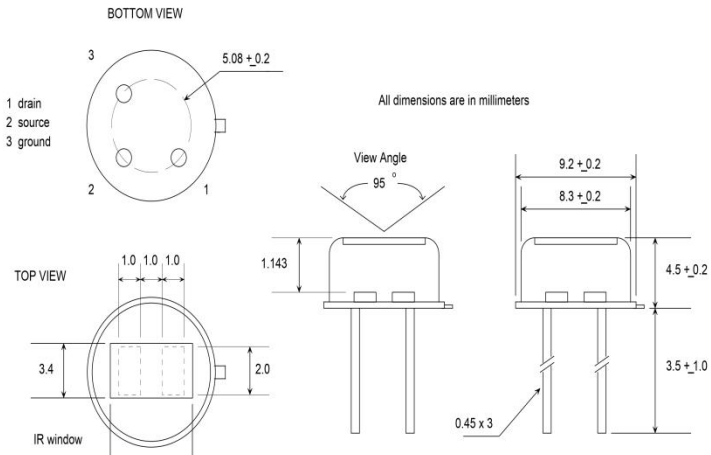
PIR325 Infrared Pyroelectric Sensor

Specifications and Dimensions

PIR325	
ELEMENT SIZE	2 x 1, 2 elements
SPECTRAL RESPONSE μm (1)	5 ~ 14
NOISE μVpp	20
OUTPUT mv pp (2)	3900
OFFSET VOLTAGE volts (3)	1.0
SUPPLY VOLTAGE volts (4)	2.5 ~ 15
OPERATING TEMPERATURE $^{\circ}\text{C}$	-30 ~ 70
STORAGE TEMPERATURE $^{\circ}\text{C}$	-40 ~ 80

NOTES:

1. With built-in window filter
2. After 72 db amplifier gain
3. At source pin 2 with 5 volts and 100K load
4. Well filtered power supply



Fresnel Lens _____

A Fresnel lens is a Plano Convex lens that has been collapsed on itself as in figure 5 to form a flat lens that retains its optical characteristics but is much smaller in thickness and therefore has less absorption losses.

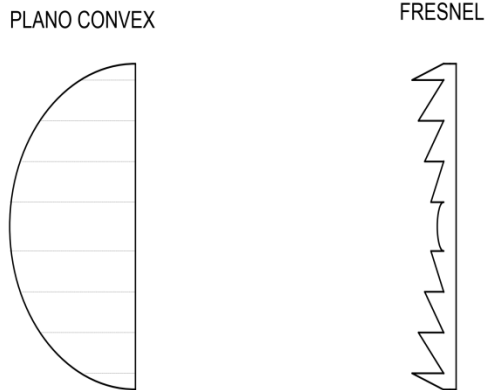
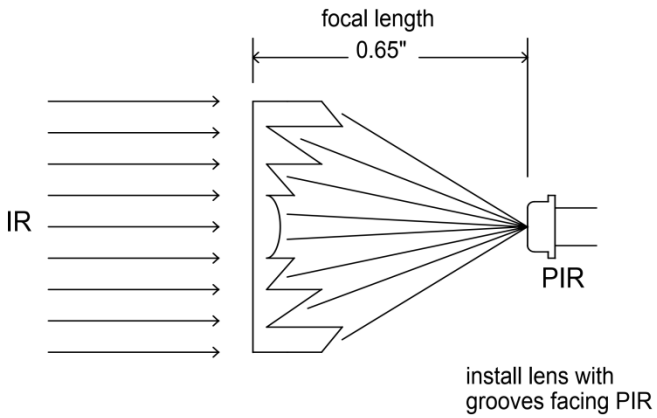


FIGURE 4

The FL65 Fresnel lens is made of an infrared transmitting material that has an IR transmission range of 8 to 14 μm that is most sensitive to human body radiation. It is designed to have its grooves facing the IR sensing element so that a smooth surface is presented to the subject side of the lens which is usually the outside of an enclosure that houses the sensor.

The lens element is round with a diameter of 1 inch and has a flange that is 1.5 inches square. This flange is used for mounting the lens in a suitable frame or enclosure. Mounting can best and most easily be done with strips of Scotch tape. Silicone rubber adhesive can also be used to form a more waterproof seal.

The FL65 has a focal length of 0.65 inches from the lens to the sensing element. It has been determined by experiment to have a field of view of approximately 10 degrees when used with a PIR325 Pyroelectric sensor. Figure 6 shows the lens dimensions.



FL65 FRESNEL LENS

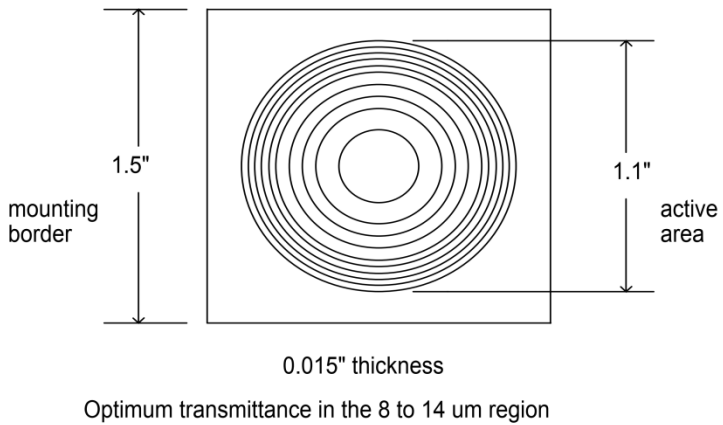
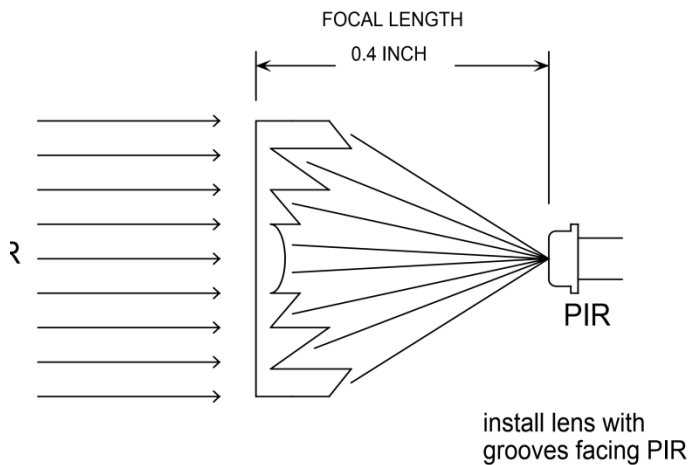
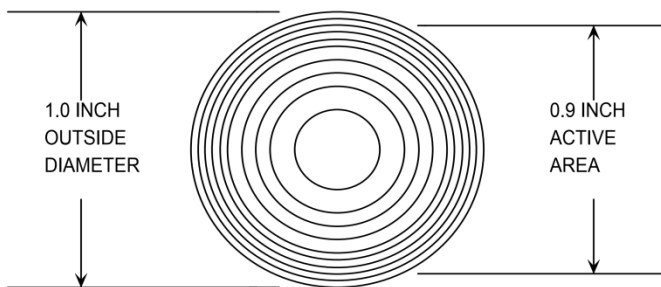


FIGURE 5



FL40 FRESNEL LENS



0.015" thickness

Optimum transmittance in the 8 to 14 μm region

LMx24-N, LM2902-N Low-Power, Quad-Operational Amplifiers

1 Features

- Internally Frequency Compensated for Unity Gain
- Large DC Voltage Gain 100 dB
- Wide Bandwidth (Unity Gain) 1 MHz (Temperature Compensated)
- Wide Power Supply Range:
 - Single Supply 3 V to 32 V
 - or Dual Supplies ± 1.5 V to ± 16 V
- Very Low Supply Current Drain (700 μ A) —Essentially Independent of Supply Voltage
- Low Input Biasing Current 45 nA (Temperature Compensated)
- Low Input Offset Voltage 2 mV and Offset Current: 5 nA
- Input Common-Mode Voltage Range Includes Ground
- Differential Input Voltage Range Equal to the Power Supply Voltage
- Large Output Voltage Swing 0 V to $V^+ - 1.5$ V
- **Advantages:**
 - Eliminates Need for Dual Supplies
 - Four Internally Compensated Op Amps in a Single Package
 - Allows Direct Sensing Near GND and V_{OUT} also Goes to GND
 - Compatible With All Forms of Logic
 - Power Drain Suitable for Battery Operation
 - In the Linear Mode the Input Common-Mode, Voltage Range Includes Ground and the Output Voltage
 - Can Swing to Ground, Even Though Operated from Only a Single Power Supply Voltage
 - Unity Gain Cross Frequency is Temperature Compensated
 - Input Bias Current is Also Temperature Compensated

2 Applications

- Transducer Amplifiers
- DC Gain Blocks
- Conventional Op Amp Circuits

3 Description

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

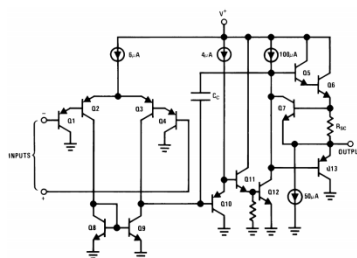
Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124-N series can directly operate off of the standard 5-V power supply voltage which is used in digital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

Device Information⁽¹⁾

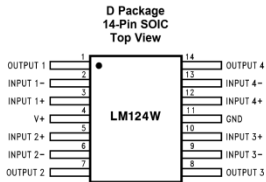
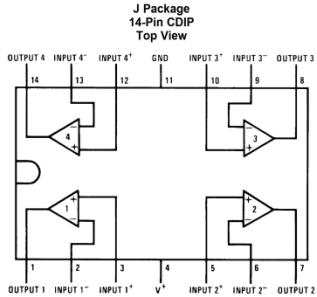
PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM124-N	CDIP (14)	19.56 mm \times 6.67 mm
LM224-N		
LM324-N	CDIP (14)	19.56 mm \times 6.67 mm
	PDIP (14)	19.177 mm \times 6.35 mm
	SOIC (14)	8.65 mm \times 3.91 mm
	TSSOP (14)	5.00 mm \times 4.40 mm
LM2902-N	PDIP (14)	19.177 mm \times 6.35 mm
	SOIC (14)	8.65 mm \times 3.91 mm
	TSSOP (14)	5.00 mm \times 4.40 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the datasheet.

Schematic Diagram



5 Pin Configuration and Functions



Pin Functions

PIN		TYPE	DESCRIPTION
NAME	NO.		
OUTPUT1	1	O	Output, Channel 1
INPUT1-	2	I	Inverting Input, Channel 1
INPUT1+	3	I	Noninverting Input, Channel 1
V+	4	P	Positive Supply Voltage
INPUT2+	5	I	Nonverting Input, Channel 2
INPUT2-	6	I	Inverting Input, Channel 2
OUTPUT2	7	O	Output, Channel 2
OUTPUT3	8	O	Output, Channel 3
INPUT3-	9	I	Inverting Input, Channel 3
INPUT3+	10	I	Noninverting Input, Channel 3
GND	11	P	Ground or Negative Supply Voltage
INPUT4+	12	I	Noninverting Input, Channel 4
INPUT4-	13	I	Inverting Input, Channel 4
OUTPUT4	14	O	Output, Channel 4

6 Specifications

6.1 Absolute Maximum Ratings

See (1)(2).

		LM124-N/LM224-N/LM324-N LM124A/LM224A/LM324A		LM2902-N		
		MIN	MAX	MIN	MAX	UNIT
Supply Voltage, V*			32		26	V
Differential Input Voltage			32		26	V
Input Voltage		-0.3	32	-0.3	26	V
Input Current (V _{IN} < -0.3 V) ⁽³⁾			50		50	mA
Power Dissipation ⁽⁴⁾	PDIP		1130		1130	mW
	CDIP		1260		1260	mW
	SOIC Package		800		800	mW
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) ⁽⁵⁾	V* ≤ 15 V and T _A = 25°C	Continuous		Continuous		
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)			260		260	°C
Soldering Information	Dual-In-Line Package	Soldering (10 seconds)			260	°C
	Small Outline Package	Vapor Phase (60 seconds)			215	°C
		Infrared (15 seconds)			220	°C
Storage temperature, T _{stg}		-65	150	-65	150	°C

- Refer to RETS124AX for LM124A military specifications and refer to RETS124X for LM124-N military specifications.
- If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the Texas Instruments Sales Office/ Distributors for availability and specifications.
- This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V⁻ voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than -0.3 V (at 25°C).
- For operating at high temperatures, the LM324-N/LM324A/LM2902-N must be derated based on a 125°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 88°C/W which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM224-N/LM224A and LM124-N/LM124A can be derated based on a 150°C maximum junction temperature. The dissipation is the total of all four amplifiers—use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate or to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.
- Short circuits from the output to V⁻ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V⁻. At values of supply voltage in excess of 15 V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

6.2 ESD Ratings

V _(ESD)	Electrostatic discharge	Human-body model (HBM), per ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 ⁽¹⁾	VALUE	UNIT
			±250	V

- JEDEC document JEP155 states that 500-V HBM allows safe manufacturing with a standard ESD control process.

6.3 Recommended Operating Conditions

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

	MIN	MAX	UNIT
Supply Voltage (V ⁻ - V ⁺): LM124-N/LM124A/LM224-N/LM224A/LM324-N/LM324A	3	32	V
Supply Voltage (V ⁻ - V ⁺): LM2902-N	3	26	V
Operating Input Voltage on Input pins	0	V ⁺	V
Operating junction temperature, T _J : LM124-N/LM124A	-55	125	°C
Operating junction temperature, T _J : LM2902-N	-40	85	°C
Operating junction temperature, T _J : LM224-N/LM224A	-25	85	°C
Operating junction temperature, T _J : LM324-N/LM324A	0	70	°C

6.4 Thermal Information

THERMAL METRIC ⁽¹⁾		LM124-N / LM224-N	LM324-N / LM2902-N	UNIT
		J/CDIP	D/SOIC	
		14 PINS	14 PINS	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-ambient thermal resistance	88	88	°C/W

(1) For more information about traditional and new thermal metrics, see the *IC Package Thermal Metrics* application report, [SPRA953](#).

6.5 Electrical Characteristics: LM124A/224A/324A

$V^+ = 5.0\text{ V}$, ⁽¹⁾, unless otherwise stated

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM124A			LM224A			LM324A			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}^{(2)}$	1	2		1	3		2	3	mV	
Input Bias Current ⁽²⁾	$I_{IN(+)} \text{ or } I_{IN(-)}, V_{CM} = 0\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	20	50		40	80		45	100	nA	
Input Offset Current	$I_{IN(+)} \text{ or } I_{IN(-)}, V_{CM} = 0\text{ V}, T_A = 25^\circ\text{C}$	2	10		2	15		5	30	nA	
Input Common-Mode Voltage Range ⁽⁴⁾	$V^+ = 30\text{ V}$, (LM2902-N, $V^+ = 26\text{ V}$), $T_A = 25^\circ\text{C}$	0	$V^+ - 1.5$		0	$V^+ - 1.5$		0	$V^+ - 1.5$	V	
Supply Current	Over Full Temperature Range, $R_L = \infty$ On All Op Amps $V^+ = 30\text{ V}$ (LM2902-N $V^+ = 26\text{ V}$)	1.5	3		1.5	3		1.5	3	mA	
	$V^+ = 5\text{ V}$	0.7	1.2		0.7	1.2		0.7	1.2		
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = 15\text{ V}$, $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$, ($V_O = 1\text{ V}$ to 11 V), $T_A = 25^\circ\text{C}$	50	100		50	100		25	100	V/mV	
Common-Mode Rejection Ratio	DC, $V_{CM} = 0\text{ V}$ to $V^+ - 1.5\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	70	85		70	85		65	85	dB	
Power Supply Rejection Ratio	$V^+ = 5\text{ V}$ to 30 V , (LM2902-N, $V^+ = 5\text{ V}$ to 26 V), $T_A = 25^\circ\text{C}$	65	100		65	100		65	100	dB	
Amplifier-to-Amplifier Coupling ⁽⁵⁾	$f = 1\text{ kHz}$ to 20 kHz , $T_A = 25^\circ\text{C}$, (Input Referred)	-120			-120			-120		dB	
Output Current	Source $V_{IN}^+ = 1\text{ V}$, $V_{IN}^- = 0\text{ V}$, $V^+ = 15\text{ V}$, $V_O = 2\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	20	40		20	40		20	40	mA	
	Sink $V_{IN}^+ = 1\text{ V}$, $V_{IN}^- = 0\text{ V}$, $V^+ = 15\text{ V}$, $V_O = 2\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	10	20		10	20		10	20	μA	
	$V_{IN}^+ = 1\text{ V}$, $V_{IN}^- = 0\text{ V}$, $V^+ = 15\text{ V}$, $V_O = 200\text{ mV}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	12	50		12	50		12	50		
Short Circuit to Ground	$V^+ = 15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}^{(6)}$	40	60		40	60		40	60	mA	
Input Offset Voltage	See ⁽²⁾		4			4			5	mV	
V_{OS} Drift	$R_S = 0\ \Omega$	7	20		7	20		7	30	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}, V_{CM} = 0\text{ V}$		30			30			75	nA	

- These specifications are limited to $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$ for the LM124-N/LM124A. With the LM224-N/LM224A, all temperature specifications are limited to $-25^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$, the LM324-N/LM324A temperature specifications are limited to $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$, and the LM2902-N specifications are limited to $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$.
- $V_O = 1.4\text{ V}$, $R_S = 0\ \Omega$ with V^+ from 5 V to 30 V ; and over the full input common-mode range (0 V to $V^+ - 1.5\text{ V}$) for LM2902-N, V^+ from 5 V to 26 V .
- The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.
- The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V (at 25°C). The upper end of the common-mode voltage range is $V^+ - 1.5\text{ V}$ (at 25°C), but either or both inputs can go to 32 V without damage (26 V for LM2902-N), independent of the magnitude of V^+ .
- Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.
- Short circuits from the output to V^+ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V^+ . At values of supply voltage in excess of 15 V , continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

Electrical Characteristics: LM124A/224A/324A (continued)

V⁺ = 5.0 V, ⁽¹⁾, unless otherwise stated

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM124A		LM224A		LM324A		UNIT			
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX		MIN	TYP	MAX
I _{OS} Drift	R _S = 0 Ω		10	200		10	200		10	300	pA/°C
Input Bias Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)}		40	100		40	100		40	200	nA
Input Common-Mode Voltage Range ⁽⁴⁾	V ⁺ = 30 V, (LM2902-N, V ⁺ = 26 V)	0	V ⁻ -2		0	V ⁻ -2		0	V ⁻ -2		V
Large Signal Voltage Gain	V ⁺ = 15 V (V _O Swing = 1 V to 11 V), R _L ≥ 2 kΩ	25			25			15			V/mV
Output Voltage Swing	V _{OH}	V ⁺ = 30 V (LM2902-N, V ⁺ = 26 V)	R _L = 2 kΩ	26		26		26			V
	V _{OL}	V ⁺ = 5 V, R _L = 10 kΩ	R _L = 10 kΩ	27	28	27	28	27	28		mV
Output Current	Source	V _O = 2 V	V _{IN⁺} = +1V, V _{IN⁻} = 0V, V ⁺ = 15V	10	20	10	20	10	20		mA
	Sink	V _{IN⁺} = +1V, V _{IN⁻} = 0V, V ⁺ = 15V		10	15	5	8	5	8		

6.6 Electrical Characteristics: LM124-N/224-N/324-N/2902-N

V⁺ = +5.0V, ⁽¹⁾, unless otherwise stated

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM124-N / LM224-N			LM324-N			LM2902-N			UNIT
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Input Offset Voltage	T _A = 25°C ⁽²⁾		2	5		2	7		2	7	mV
Input Bias Current ⁽³⁾	I _{IN(+)} or I _{IN(-)} , V _{CM} = 0 V, T _A = 25°C		45	150		45	250		45	250	nA
Input Offset Current	I _{IN(+)} or I _{IN(-)} , V _{CM} = 0 V, T _A = 25°C		3	30		5	50		5	50	nA
Input Common-Mode Voltage Range ⁽⁴⁾	V ⁺ = 30 V, (LM2902-N, V ⁺ = 26V), T _A = 25°C	0	V ⁻ -1	5	0	V ⁻ -1	5	0	V ⁻ -1	5	V
Supply Current	Over Full Temperature Range R _L = ∞ On All Op Amps. V ⁺ = 30 V (LM2902-N V ⁺ = 26 V)		1.5	3		1.5	3		1.5	3	mA
	V ⁺ = 5 V		0.7	1.2		0.7	1.2		0.7	1.2	
Large Signal Voltage Gain	V ⁺ = 15V, R _L ≥ 2 kΩ, (V _O = 1 V to 11 V), T _A = 25°C	50	100		25	100		25	100		V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	DC, V _{CM} = 0 V to V ⁺ - 1.5 V, T _A = 25°C	70	85		65	85		50	70		dB
Power Supply Rejection Ratio	V ⁺ = 5 V to 30 V (LM2902-N, V ⁺ = 5 V to 26 V), T _A = 25°C	65	100		65	100		50	100		dB
Amplifier-to-Amplifier Coupling ⁽⁵⁾	f = 1 kHz to 20 kHz, T _A = 25°C (Input Referred)		-120			-120			-120		dB

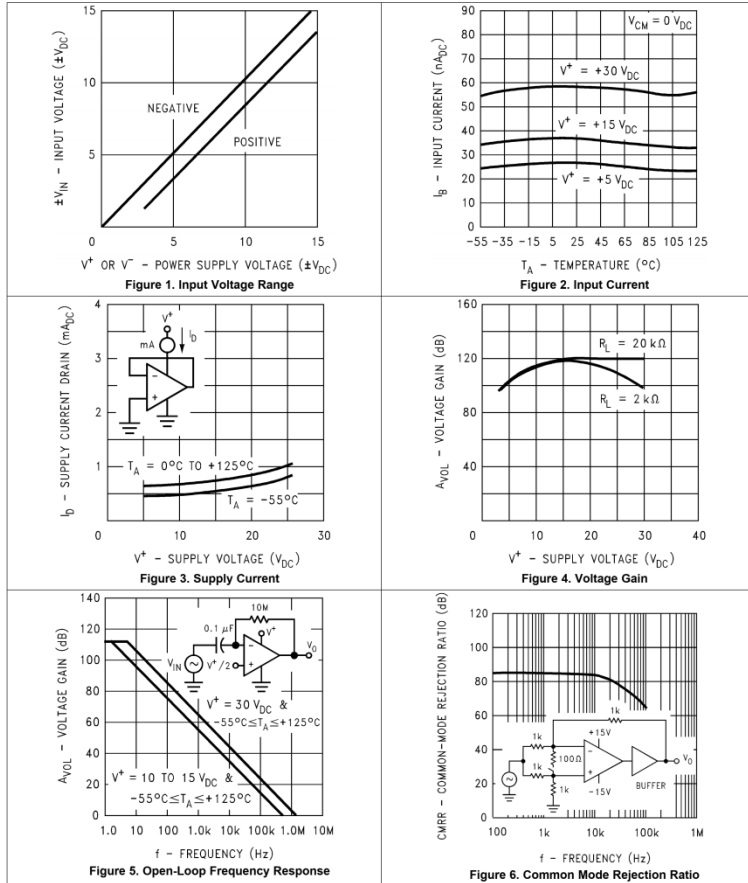
- These specifications are limited to -55°C ≤ T_A ≤ +125°C for the LM124-N/LM124A. With the LM224-N/LM224A, all temperature specifications are limited to -25°C ≤ T_A ≤ +85°C, the LM324-N/LM324A temperature specifications are limited to 0°C ≤ T_A ≤ +70°C, and the LM2902-N specifications are limited to -40°C ≤ T_A ≤ +85°C.
- V_O = 1.4V, R_S = 0 Ω with V⁺ from 5 V to 30 V, and over the full input common-mode range (0 V to V⁺ - 1.5 V) for LM2902-N, V⁺ from 5 V to 26 V.
- The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.
- The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V (at 25°C). The upper end of the common-mode voltage range is V⁺ - 1.5 V (at 25°C), but either or both inputs can go to 32 V without damage (26 V for LM2902-N), independent of the magnitude of V⁺.
- Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

Electrical Characteristics: LM124-N/224-N/324-N/2902-N (continued)
 $V^+ = +5.0V$, ⁽¹⁾, unless otherwise stated

PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM124-N / LM224-N			LM324-N			LM2902-N			UNIT				
		MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX					
Output Current	Source	$V_{IN}^+ = 1V, V_{IN}^- = 0V, V^+ = 15V, V_O = 2V, T_A = 25^\circ C$			20	40		20	40		20	40	mA		
	Sink	$V_{IN}^- = 1V, V_{IN}^+ = 0V, V^+ = 15V, V_O = 2V, T_A = 25^\circ C$			10	20		10	20		10	20	mA		
		$V_{IN}^- = 1V, V_{IN}^+ = 0V, V^+ = 15V, V_O = 200mV, T_A = 25^\circ C$			12	50		12	50		12	50	μA		
Short Circuit to Ground		$V^+ = 15V, T_A = 25^\circ C^{(6)}$			40	60		40	60		40	60	mA		
Input Offset Voltage	See ⁽²⁾				7			9			10	mV			
V_{OS} Drift	$R_S = 0\Omega$				7			7			7	$\mu V/^\circ C$			
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}, V_{CM} = 0V$				100			150			45	200	nA		
I_{OS} Drift	$R_S = 0\Omega$				10			10			10		$pA/^\circ C$		
Input Bias Current	$I_{IN(+)} \text{ or } I_{IN(-)}$				40			300			40	500	nA		
Input Common-Mode Voltage Range ⁽⁴⁾	$V^+ = 30V, (LM2902-N, V^+ = 26V)$	0			$V^+ - 2$			0			$V^+ - 2$			V	
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = 15V (V_O \text{ Swing} = 1V \text{ to } 11V), R_L \geq 2k\Omega$	25			15			15				V/mV			
Output Voltage Swing	V_{OH}	$V^+ = 30V (LM2902-N, V^+ = 26V)$	$R_L = 2k\Omega$	26			26			22			V		
			$R_L = 10k\Omega$	27			28			23				24	
	V_{OL}	$V^+ = 5V, R_L = 10k\Omega$	5			20			5			100			mV
Output Current	Source	$V_O = 2V$	$V_{IN}^+ = 1V, V_{IN}^- = 0V, V^+ = 15V$			10	20		10	20		10	20	mA	
	Sink		$V_{IN}^- = 1V, V_{IN}^+ = 0V, V^+ = 15V$			5	8		5	8		5	8	mA	

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

6.7 Typical Characteristics



Typical Characteristics (continued)

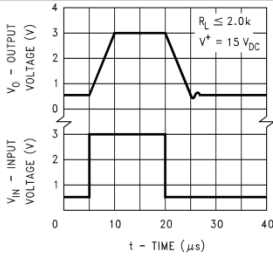


Figure 7. Voltage Follower Pulse Response

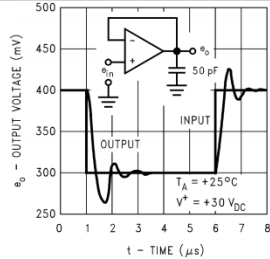


Figure 8. Voltage Follower Pulse Response (Small Signal)

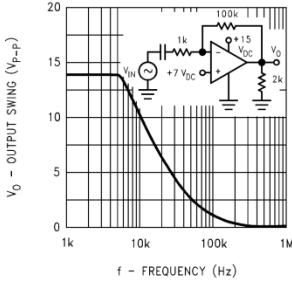


Figure 9. Large Signal Frequency Response

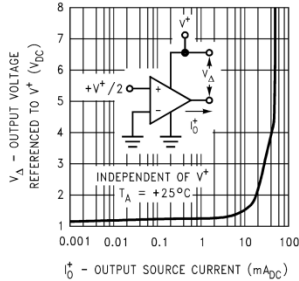


Figure 10. Output Characteristics Current Sourcing

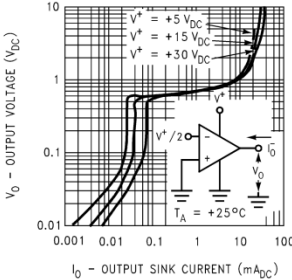


Figure 11. Output Characteristics Current Sinking

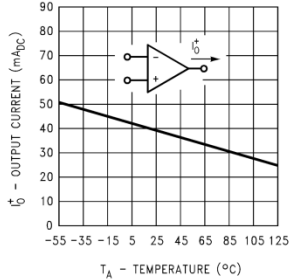
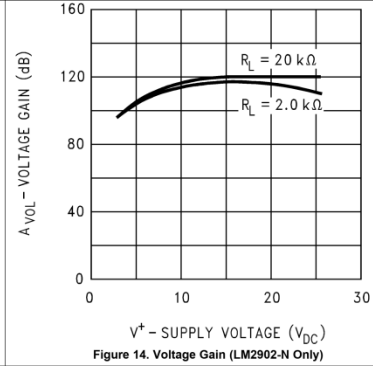
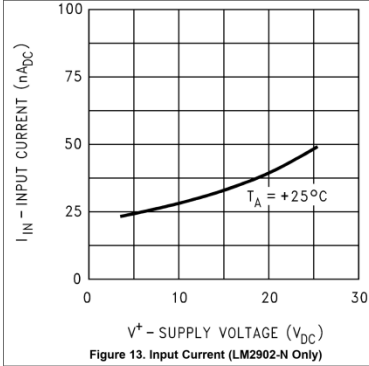


Figure 12. Current Limiting

Typical Characteristics (continued)



BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Malang pada tanggal 13 Februari 1997. Sebagai anak pertama dari tiga bersaudara, penulis mengawali kegiatan pendidikan formal di SDN 1 Kademangan Blitar, yang kemudian dilanjutkan di SMPN 2 Blitar, SMAN 7 Malang dan pada tahun 2014 penulis diterima sebagai mahasiswa di Departemen Teknik Elektro ITS.

Email : wahyu.zuma@gmail.com
Hp/WA : 082233613868
Line : wahyuak124