

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR KELEMBABAN
UDARA MENGGUNAKAN SENSOR HSP15P**

Tugas Akhir

**Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Menyelesaikan Studi Pada
Program D-3 Fisika Instrumentasi**



CITRANI PRAMESWARI

2303210576

**PROGRAM D-3 FISIKA INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS INDONESIA**

DEPOK

2007

LEMBAR PENGESAHAN

Nama : Citrani Prameswari
NPM : 2303210576
Judul : Rancang Bangun Alat Ukur Kelembaban Udara
Menggunakan Sensor HSP15P
Pembimbing : Drs. Arief Sudarmaji, M.T

Laporan tugas akhir dengan judul “Rancang Bangun Alat Ukur Kelembaban Menggunakan Sensor HSP15P” ini telah diperiksa dan disahkan oleh

Pembimbing,

(Drs. Arief Sudarmadji, M. T)

Penguji 1

Penguji 2

Penguji 3

(Dr. Prawito)

(Surya Darma, M.Si)

(Supriyanto, S.Si)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan karunia-Nya yang begitu besar sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya. Hanya dengan rahmat dan kasih sayang-Nya, penulis memiliki motivasi lebih untuk berjuang mengejar dateline tugas akhir ini.

Tugas akhir yang berjudul "*Rancang Bangun Alat Ukur Kelembaban Udara menggunakan Sensor HSP15P*" ini ditunjukan untuk memenuhi salah satu persyaratan menyelesaikan studi di DIII Instrumentasi Elektronika dan Industri, Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Pada Tugas Akhir ini penulis mencoba membahas serta mempelajari lebih lanjut mengenai pengukuran kelembaban relatif menggunakan Humidity Sensor. Dalam tulisan ini akan diulas aspek-aspek teori dasar dan perencanaan sistem elektronika pengukuran kelembaban relatif.

Penulis hanya dapat berusaha semaksimal mungkin dengan segala keterbatasan yang ada. Namun, hal ini memberikan sebuah pelajaran berharga akan konsistensi dalam meraih cita-cita dan ketertarikan akan sebuah bidang, juga menyadarkan penulis akan betapa berharganya sang waktu.

Dalam pembuatan tugas akhir ini penulis banyak mengalami masalah dan hambatan, dengan bantuan dari berbagai pihak tentunya penulis dapat mengatasinya. Untuk itu penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada

1. Keluarga tercinta yang telah memberi bantuan moril dan materiil selama ini.
2. Drs. Arief Sudarmaji, M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan petunjuk, kemudahan dalam berpikir dan bimbingan dalam penyelesaian tugas akhir ini.

3. Seluruh rekan-rekan Fisika Instrumentasi Elektronika dan Industri khususnya angkatan 2003 sebagai teman seperjuangan selama penulis menempuh masa studi di Fisika Instrumentasi.
4. Arief, Liza, Novian, Shofa, Seno, Usman, Gede, Linda, Dika, Danang, Didit, Gatot, Indra, Adita, JP, Mario dan lainnya yang tak bisa disebutkan satu persatu.
5. Rekan-rekan penghuni kosan Alya, kosan Rantau dan kosan Batu.
6. Sahabatku Alin, Teo dan Diyas sebagai penyemangat setia sejak remaja.
7. Dinul Adam dan Fery Indra Wijaya atas kesediaan menjadi bagian dalam hidupku juga sebagai salah satu pemotivator.
8. Semua pihak yang secara tidak langsung terlibat dalam pembuatan tugas akhir ini dan tidak mungkin dapat disebutkan satu persatu, semoga amal baik yang telah dilakukan senantiasa dibalas oleh Allah SWT.

Semoga penulisan ilmiah ini dapat memberikan kontribusi positif kepada para pembaca khususnya dan masyarakat pada umumnya.

Menyadari keterbatasan pengalaman dan kemampuan yang penulis miliki, sudah tentu terdapat kekurangan serta kemungkinan jauh dari sempurna, untuk itu penulis tidak menutup diri dan mengharapkan adanya saran serta kritik dari berbagai pihak yang sifatnya membangun guna menyempurnakan penulisan ilmiah ini.

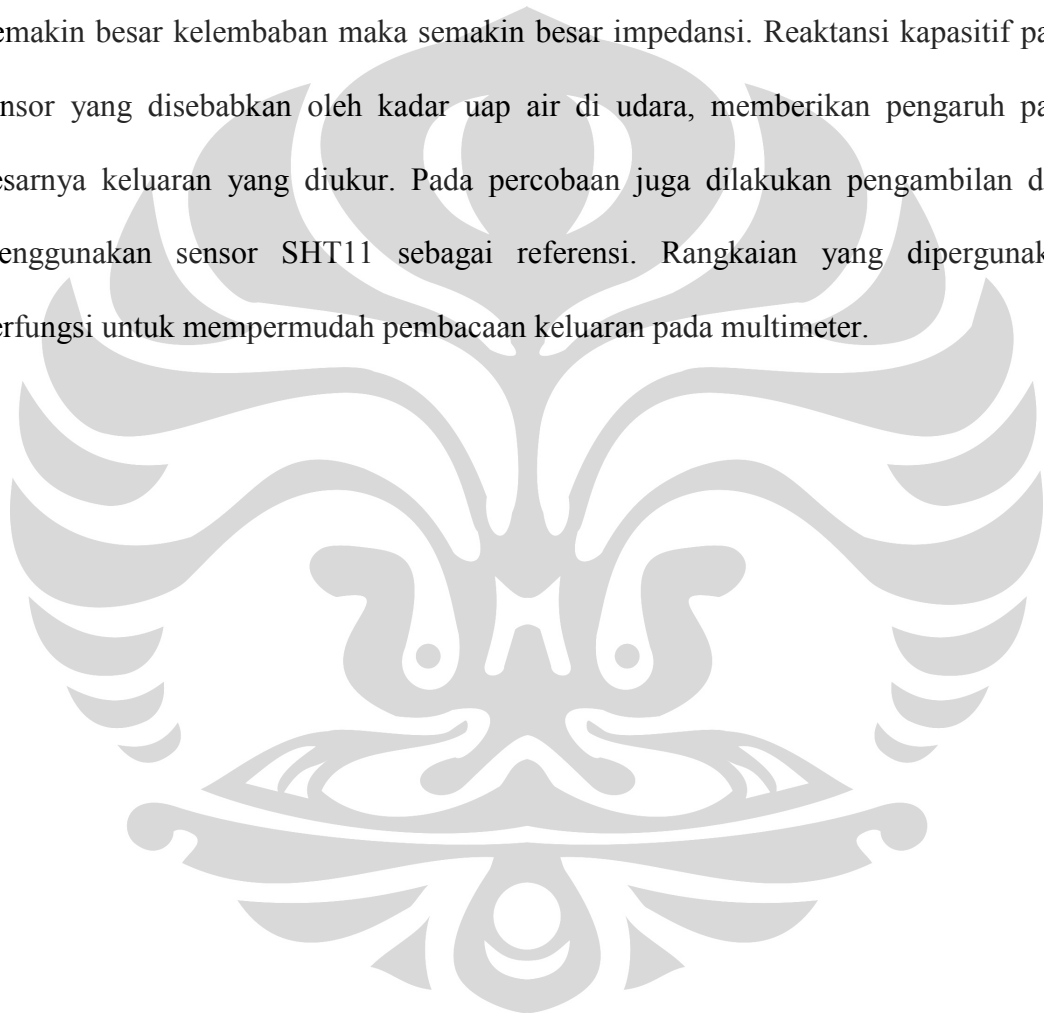
Akhir kata semoga penulisan ilmiah ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang bersangkutan, khususnya bagi saya dan umumnya bagi para pembaca.

Depok, Juni 2007

Penulis

ABSTRAK

Telah dibuat alat ukur kelembaban udara dengan menggunakan humidity sensor tipe HSP15P dengan keluaran yang diukur berupa tegangan. Besarnya impedansi yang terukur pada percobaan tergantung pada perubahan kelembaban. Semakin besar kelembaban maka semakin besar impedansi. Reaktansi kapasitif pada sensor yang disebabkan oleh kadar uap air di udara, memberikan pengaruh pada besarnya keluaran yang diukur. Pada percobaan juga dilakukan pengambilan data menggunakan sensor SHT11 sebagai referensi. Rangkaian yang dipergunakan berfungsi untuk mempermudah pembacaan keluaran pada multimeter.



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR	ii
ABSTRAK.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL.....	vi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Deskripsi Singkat	2
1.5. Metode Penelitian	3
BAB 2 TEORI DASAR	5
2.1 Kelembaban.....	5
2.2 Kapasitas sebuah kapasitor.....	6
2.2.1 Arus bolak balik pada rangkaian kapasitor murni.....	7
2.3 Op-Amp	7
2.3.1 Terminal-terminal pada sebuah op-amp	11
2.3.2 Beberapa spesifikasi.....	11
2.3.3 Titik penjumlahan.....	13
2.3.4 Voltage follower.....	13
2.3.5 Penguat non-inverting.....	14
2.3.6 Penguat Inverting.....	15

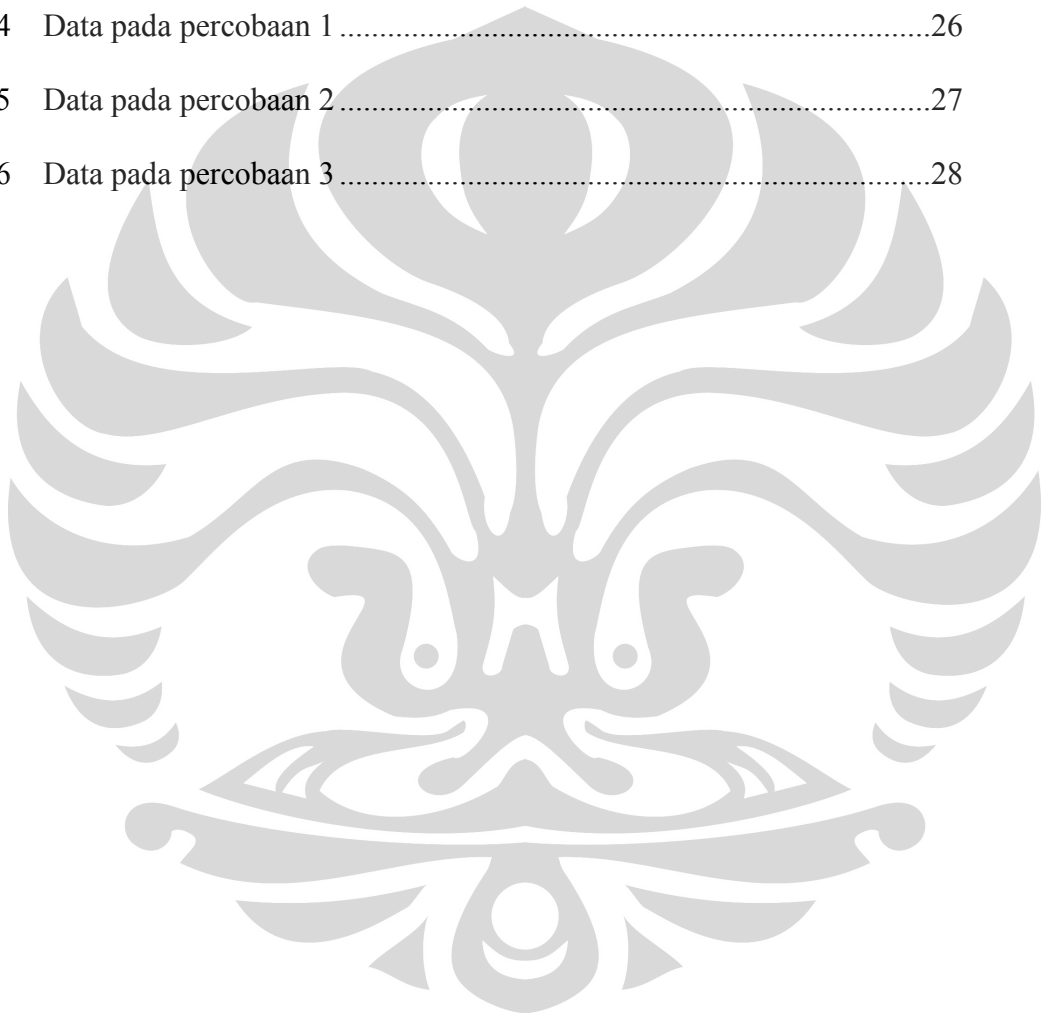
2.4 Instrument amplifier.....	.17
BAB 3 PERANCANGAN DAN CARA KERJA ALAT19
3.1 Pembangkit sinyal.....	.19
3.2 Pengkondisi sinyal20
3.2.1 Non-inverting (differensiator).....	.20
3.2.2 Precision rectifier20
3.2.3 Rangkaian konverter tegangan ke arus21
3.2.4 Instrument amplifier I22
3.2.5 Instrument amplifier II.....	.22
3.2.6 Rangkaian elektronika keseluruhan	
3.2.7 Plan alat ukur kelembaban udara menggunakan humidity sensor.....	.22
BAB 4 PENGAMBILAN DATA DAN ANALISA.....	.23
4.1 Pengujian sensor kelembaban.....	.23
4.1.1 Pengambilan data dengan referensi sensor SHT11.....	.23
4.1.2 Pengambilan data pada tabung vakum.....	.26
4.2 Pengujian rangkaian.....	.30
BAB 5 KESIMPULAN.....	.31
5.1 Kesimpulan31
5.2 Saran31
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN.....	

DAFTAR GAMBAR

1.1	Desain alat ukur kelembaban	3
2.1	Diagram fasor I dan tegangan V rangkaian induktif murni	7
2.2	Grafik kapasitor yang dilalui tegangan AC	7
2.3	Differensial input stage	9
2.4	Terminal op-amp	10
2.5	Common mode signal	10
2.6	Terminal pada op-amp	11
2.7	Voltage follower connection	13
2.8	Penguat non-inverting	14
2.9	Penguat inverting	15
2.10	Differensiator	16
2.11	Instrument amplifier	17
2.12	Precision amplifier	18
2.13	Sinyal input dan output pada rangkaian precision amplifier	18
3.1	Rangkaian pembangkit sinyal	19
3.2	Rangkaian sensor HSP15P (non inverting)	
3.3	Rangkaian logarithmic	21
3.4	Rangkaian instrument amplifier I	
3.5	Rangkaian instrument amplifier II	
3.6	Rangkaian elektronika keseluruhan	
3.7	Plan alat ukur kelembaban udara	

DAFTAR TABEL

4.1	Data pada semprotan pertama.....	24
4.2	Data pada semprotan kedua.....	24
4.3	Data pada semprotan ketiga.....	25
4.4	Data pada percobaan 1.....	26
4.5	Data pada percobaan 2.....	27
4.6	Data pada percobaan 3.....	28



BAB 1

PENDAHULUAN

Pada penelitian ini ada beberapa hal yang akan dibahas dan dilakukan. Diantaranya adalah latar belakang dilakukannya penelitian, tujuan penelitian juga metode penelitian yang digunakan. Pada bab ini juga akan diuraikan batasan masalah dan deskripsi singkat tentang penelitian yang dilakukan.

1.1 LATAR BELAKANG

Temperatur dan kelembaban udara adalah dua besaran utama untuk mengetahui kondisi udara. Kelembaban adalah konsentrasi uap air di udara yang merupakan salah satu besaran fisika penting dalam pengkondisian lingkungan dan kenyamanan ruang. Angka konsentrasi tersebut dapat diekspresikan dalam kelembaban absolut, kelembaban spesifik dan kelembaban relatif (RH). Perubahan tekanan sebagian uap air di udara berhubungan dengan perubahan suhu. Kelembaban absolut mendefinisikan massa dari uap air pada volume tertentu campuran udara atau gas. Kelembaban spesifik adalah metode untuk mengukur jumlah uap air di udara dengan rasio terhadap uap air di udara kering. Kelembaban relative (RH) adalah suatu perbandingan yang dinyatakan dalam prosentase, banyaknya persen uap air di dalam atmosfer terhadap jumlah yang dibutuhkan untuk memenuhinya pada suhu yang sama.

Pada tugas akhir ini telah dirancang alat ukur kelembaban udara dengan komponen utama Humidity Sensor HSP15P dan menggunakan multimeter untuk mengukur keluarannya. Pada dasarnya cara kerja dari sensor HSP15P ini adalah mendeteksi besarnya kelembaban relatif (RH) udara disekitar sensor tersebut, yang

menghasilkan perubahan nilai impedansi sensor. Semakin besar tingkat kelembaban relatif maka semakin kecil pula nilai impedansi sensor.

1.2 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari pelaksanaan kegiatan tugas akhir penelitian yang dilakukan penulis adalah

1. Merancang dan membangun alat ukur kelembaban udara menggunakan sensor kelembaban (*humidity sensor*).
2. Melengkapi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Diploma III Instrumentasi Elektronika dan Industri di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia.

1.3 BATASAN MASALAH

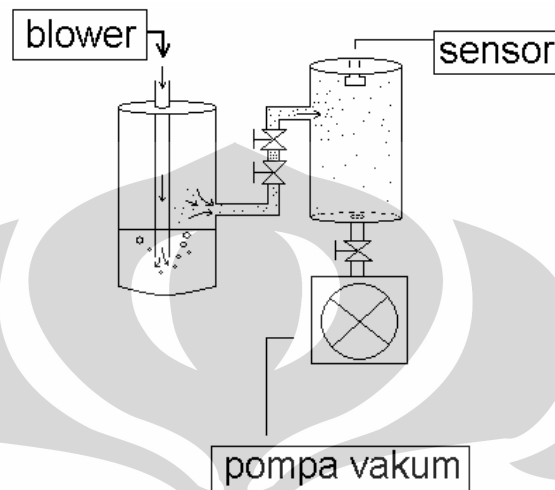
Pembatasan masalah pada kegiatan tugas akhir penelitian ini, lebih berorientasi pada perancangan perangkat ukur kelembaban udara sebagai objek pengukuran dan sistem pendeteksi analog berupa sensor kelembaban sebagai unit yang mengolah masukan menjadi nilai yang bisa diukur sebagai tingkat kelembaban.

1.4 DESKRIPSI SINGKAT

Implementasi sensor pada alat ukur kelembaban udara merupakan suatu bentuk penelitian yang bertujuan untuk mendeteksi perbedaan kelembaban dari suatu ruang yang diukur berdasarkan output menggunakan sensor kelembaban.

Sensor kelembaban yang diimplementasikan pada alat ukur kelembaban, akan mendeteksi kelembaban relatif didalam ruang ukur yang kemudian menghasilkan perubahan nilai impedansi sensor. Sinyal keluarannya berupa sinyal analog.

Pengukuran tegangan outputnya dilakukan menggunakan multimeter. Ruang ukur yang digunakan adalah tabung yang dikondisikan hampa udara dimana sensor kelembaban diletakkan didalamnya. Berikut ini adalah perancangan unit alat ukur kelembaban :



Gambar 1.1 Desain alat ukur kelembaban

Tingkat kelembaban diperoleh dengan menambahkan udara basah yang bervariasi dalam ruang ukur hampa udara. Proses pengambilan data pada penelitian ini, diperoleh berdasarkan hasil pengamatan dari respon yang dihasilkan oleh unit sistem sensor, sensitivitas perubahan sinyal keluaran terhadap perubahan perbedaan kelembaban dari alat ukur kelembaban, dan tingkat RH (kelembaban relatif) dari suatu kondisi ruang yang akan diukur terhadap kondisi yang lainnya.

1.5 METODE PENELITIAN

Pada proses perancangan, penyusunan, dan pengolahan laporan akhir kegiatan penelitian yang dilaksanakan penulis, digunakan beberapa metode yang berfungsi sebagai penunjang dari kegiatan penelitian. Metode penelitian yang dilakukan penulis antara lain yaitu:

1. Penelusuran Literature dan Diskusi

Dalam pelaksanaan kegiatan penyusunan laporan tugas akhir, metode penelusuran literature dan diskusi digunakan penulis sebagai bahan acuan untuk menentukan langkah awal dalam merancang pola dan desain dari alat ukur kelembaban, mencari informasi mengenai spesifikasi dan cara kerja sistem sensor humidity dari berbagai sumber pustaka, serta untuk melakukan pendekatan dan koordinasi secara langsung bersama pembimbing untuk menentukan langkah selanjutnya dalam proses penelitian.

2. Pengumpulan Bahan dan Pembuatan Desain

Dalam penggunaan metode ini, penulis melakukan beberapa kajian dan beberapa tahapan dalam menentukan bahan-bahan serta perangkat komponen elektronika yang secara tidak langsung merupakan tahap awal dalam kegiatan merencanakan desain peralatan alat ukur ini.

3. Pengujian, Analisa, dan Pengambilan Data

Metode analisa dan pengolahan data merupakan salah satu bagian dari teknik penyusunan laporan penelitian tugas akhir yang didalamnya berfungsi untuk mengolah berbagai macam data hasil penelitian sehingga dapat ditarik suatu kesimpulan untuk pengembangan lebih lanjut.

4. Penulisan Laporan

Berdasarkan hasil pengujian serta analisa yang dilakukan pada penelitian, maka diperoleh kesimpulan yang kemudian dirangkum dalam sebuah laporan penelitian.

BAB 2

TEORI DASAR

Pada bab ini akan diuraikan beberapa pembahasan mengenai teori-teori dasar yang menjadi acuan serta referensi penulis, selama berlangsungnya proses penelitian dan kegiatan penyusunan laporan tugas akhir penelitian.

2.1 Kelembaban

Kelembaban adalah konsentrasi uap air di udara. Konsentrasi ini dapat diekspresikan dalam kelembapan absolut, kelembapan spesifik atau kelembapan relatif. Alat untuk mengukur kelembapan disebut higrometer. Sebuah humidistat digunakan untuk mengatur tingkat kelembapan udara dalam sebuah bangunan dengan sebuah pengawalembap (*dehumidifier*). Dapat dianalogikan dengan sebuah termometer dan termostat untuk suhu udara. Perubahan tekanan sebagian uap air di udara berhubungan dengan perubahan suhu. Konsentrasi air di udara pada tingkat permukaan laut dapat mencapai 3% pada 30 °C (86 °F), dan tidak melebihi 0,5% pada 0 °C (32 °F).

Kelembaban relatif didefinisikan sebagai rasio dari tekanan parsial dari uap air dalam campuran gas udara dan air pada tekanan uap jenuh pada air yang diberi temperatur. Kelembaban relatif adalah persentase air dalam udara. Semakin dingin udara semakin kecil ruang antar molekul untuk menyerap air. Oleh karena itu, akan menghasilkan kelembaban relatif yg lebih besar dalam ukuran yang sama dan dalam jumlah sama dari air dalam udara. Kelembaban udara dinyatakan sebagai prosentase dan dikalkulasikan dalam persamaan :

$$RH = \frac{P_{(H_2O)}}{P_{(H_2O)}^*} \times 100\%$$

Dimana :

$P_{(H_2O)}$ adalah tekanan parsial dari uap air dalam campuran gas

$P_{(H_2O)}^*$ adalah tekanan uap jenuh dalam air pada temperatur campuran gas

RH adalah kelembaban relatif dalam campuran gas yang dihitung

2. 2 Kapasitas sebuah kapasitor

Secara prinsip, kapasitor terdiri dari dua plat konduktor yang dipisahkan oleh bahan dielektrik. Kedua plat tadi diberi muatan listrik sama besar tetapi berlawanan jenis, konduktor yang satu bermuatan positif, konduktor lainnya bermuatan listrik negatif

Efek kapasitif adalah peningkatan jumlah muatan terhadap tegangan karena ketebalan lapisan ion disekitar junction sebanding dengan besarnya tegangan balik dan banyaknya bahan dielektrik memperbesar nilai kapasitif..

Pada humidity sensor efek kapasitif terjadi karena serapan kandungan air dalam sensor memungkinkan ion lebih banyak muncul disekitar junction, kandungan air ini adalah suatu bahan dielektrik, dimana :

$$C = \Delta Q / dV$$

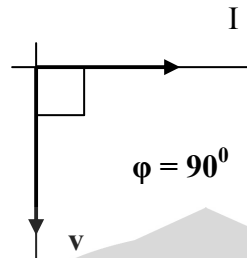
Dengan ΔQ sebagai kenaikan muatan yang disebabkan oleh kenaikan tegangan dV .

Selanjutnya bisa didefinisikan bahwa perubahan tegangan dV dalam waktu dt akan menghasilkan arus $i = dQ / dt$, atau

$$i = C \cdot dV / dt$$

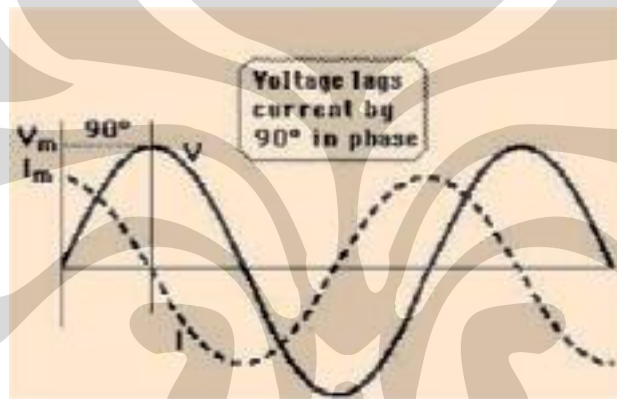
2.2.1 Arus bolak-balik pada rangkaian kapasitor murni

Sebuah rangkaian kapasitor murni dialiri arus AC memiliki arus $I = I_m \sin \omega t$,
 Sehingga diagram fasor sebagai berikut



Gambar 2.1. Diagram fasor I dan tegangan v untuk rangkaian induktif murni

Disini tegangan v terlambat 90° terhadap arus i



Gambar 2.2. Grafik kapasitor yang dilalui tegangan AC

Sehingga kapasitor yang dialiri arus ac memiliki rumus sebagai berikut:

$$V_C = \mathcal{E}_m \sin \omega t \quad \text{dengan} \quad V_C = \frac{q}{C}; q = \mathcal{E}_m C \sin \omega t$$

$$i_C \left(= \frac{dq}{dt} \right) = \omega C \mathcal{E} \cos \omega t = i_m \cos \omega t \rightarrow i_m = \omega C \mathcal{E}_m = \left(\frac{\mathcal{E}_m}{X_C} \right)$$

Sehingga reaktansi Kapasitif adalah $X_C = \frac{1}{\omega C}$

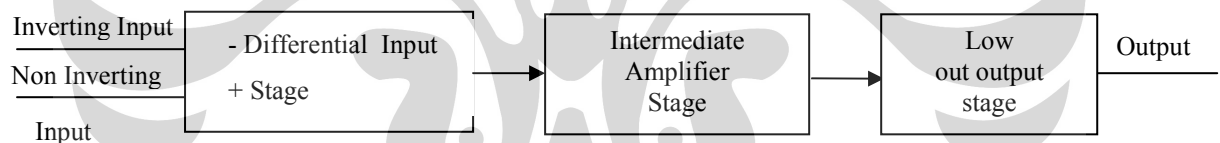
2.3 Op-Amp

Op-amp merupakan sebuah modul bertingkat dengan input “*differential*” yang memiliki karakteristik :

1. Penguatan tegangan tak terhingga ($A_v \rightarrow \infty$)
2. Impedansi input tak terhingga ($Z_{in} \rightarrow \infty$)
3. Impedansi output nol ($Z_{out} \rightarrow 0$)
4. Tegangan output Volt = 0 ketika tegangan input $V_1 = V_2$
5. Lebar pita tak terhingga (tidak ada delay sinyal melalui amplifier)

Dalam kenyataannya tidak ada sifat ideal persis seperti diatas diperoleh. Akan tetapi dengan perbandingan 1 : 100 . Hal tersebut dapat didekati.

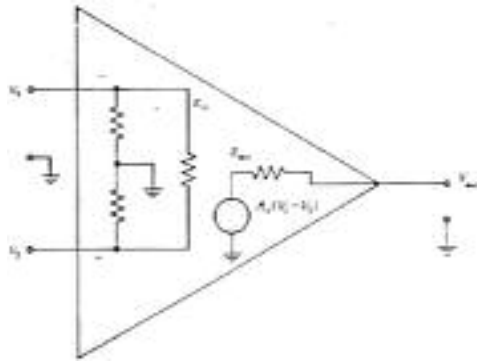
Op-amp terdiri dari 3 bagian penting :



a) Differential Input Stage

Memberikan penguatan yang besar terhadap selisih sinyal $V_1 - V_2$ dan penguatan yang kecil terhadap sinyal yang diberikan V_1 dan V_2 .

Catatan : Sinyal V_1 dan V_2 berada dalam phase dan amplitudo yang sama dan simultan.



Gambar 2.3. Differential Input Stage

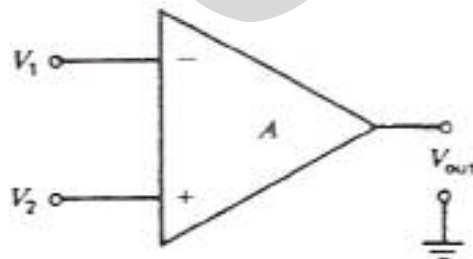
Sementara tegangan offset, tegangan yang muncul secara internal dari op – amp akan diminimalisir.

b) Intermediate Amplifier Stage

Menggeser level tegangan yang tetap menuju output dan memberikan penguatan arus dan tegangan. Juga berfungsi agar mengendalikan bagian output dan tidak membebani differential input stage.

c) Low Zout Output Stage

Memberikan arus cukup beban yang sudah diperkirakan dan impedansi output rendah. Juga dibagian ini impedansi masukan yang cukup besar tidak membebani intermediate amplifier stages.

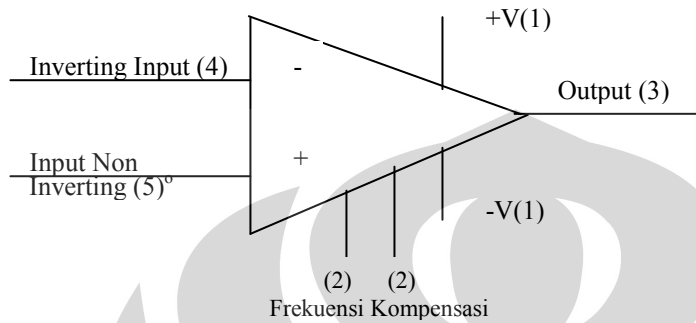


Gambar 2.4. Common-mode signal

$$V_1 \neq V_2 \quad \frac{V_{out}}{V_1 - V_2} = A \text{ sangat besar}$$

$$V_1 = V_2 \quad V_{out} \text{ sangat kecil}$$

2.3.1 Terminal – terminal pada sebuah op –amp.



Keterangan :

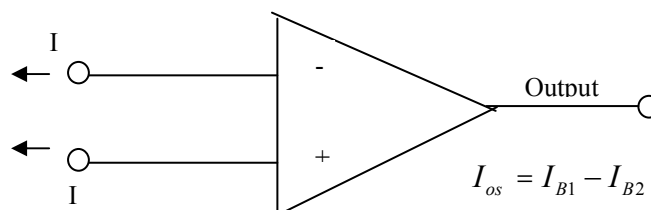
(1) +v dan -v adalah terminal untuk power supply.

Gambar 2.5. Terminal pada op-amp

- (2) Kompensasi frekuensi berfungsi untuk melindungi osilasi pada rangkaian op – amp .
- (3) Keluaran
- (4) Input inverting. (output of phase)
- (5) Input non inverting.

2.3.2 Beberapa Spesifikasi.

1. Penguatan Open Loop (A_{OL}) , penguatan tanpa feedback.
2. Tegangan input offset (V_{os}) . biasanya kecil dan tidak diinginkan. Biasanya beberapa milivolt.
3. Arus bias (I_B) , arus yang dibutuhkan untuk men-drive bagian input op – amp.

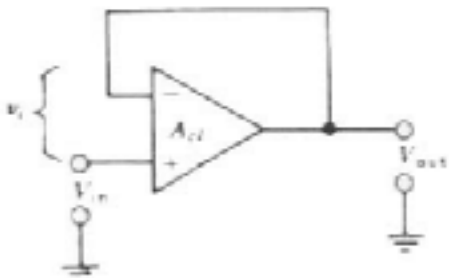


4. Arus input offset (I_{os}) : selisih pada arus bias op – amp.
5. Hambatan input : ($Z_{in} / R_{in} \rightarrow \infty$) biasanya beberapa ratus mega ohm.
6. Hambatan output : ($Z_{in} / R_{in} \rightarrow 0$) biasanya beberapa ratus ohm.
7. Common mode rejection ratio : kemampuan untuk menolak (tidak menguatkan) sinyal yang diberikan kepada kedua input secara simultan.
8. Supply – voltage rejection ratio : keluaran berubah ketika power supply berubah, perubahan biasanya beberapa micro volt untuk tiap volt.
9. Kapasitansi input (C_{in}) : kapasitansi dari terminal input terhadap ground.
10. Arus supply : arus tetap yang dihasilkan op – amp.
11. Konsumsi daya : daya tetap yang didisipasikan oleh op –amp.
12. Slew rate (s) : laju maximum perubahan output dalam volts per mikro detik.
13. Respon transien : respon dari op –amp untuk input yang berjenjang.
14. Laju maximum absolut terdiri atas :
 - a. Disipasi daya maksimum
 - b. Daerah kerja temperatu
 - c. Tegangan suply maksimum
 - d. Selisih tegangan input maksimum (antara inverting dan non inverting) daerah kerja temperatur penyimpanan.

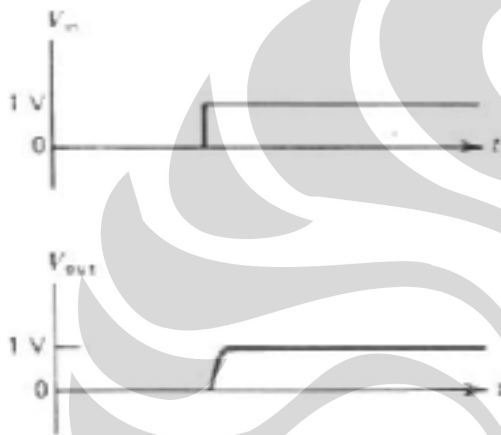
2.3.3 Titik penjumlahan

Kedua input dari amplifier sering disebut sebagai titik penjumlahan. Pengecualian penjumlahan pada amplifier ini adalah pada arus bias yang kecil pada terminal – terminal input. Sangat penting bahwa tegangan output disebabkan oleh tegangan kecil yang muncul antara terminal-terminal input, dan tidak ada penyebab lain.

2.3.4 Voltage follower



Gambar 2.6. Voltage follower connection



Output diumpan balikkan langsung ke input .

$$V_1 = \frac{V_{out}}{A_{OL}}$$

semua nilai akan konstant kecuali input diubah.

Dan karena V_1 kecil sekali disebabkan penguatan open loop amplifier yang sangat besar, maka :

$$V_{out} \approx V_{in}$$

hal ini dilihat dari :

$$V_{in} + V_1 = V_{out}$$

$$V_{in} + V_1 = V_{out} = A_{OL} V_1 \rightarrow V_1 = \frac{V_{out}}{A_{OL}}$$

sehingga :

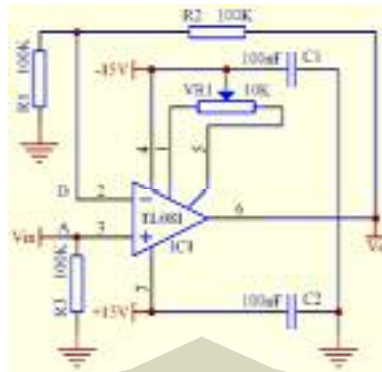
$$V_{in} + \frac{V_{out}}{A_{OL}} = V_{out} \quad \text{karena} \quad V_{out} \ll A_{OL}$$

maka :

$$V_{in} + 0 = V_{out} \quad \rightarrow \quad V_{in} = V_{out}$$

Dan perlu diingat karena inputnya berada pada kaki non inverting maka V_{in} sefase dengan V_{out} , dan juga voltage follower merupakan rangkaian buffer yang baik.

2.3.5 Penguat Non – Inverting



Gambar 2.7. Penguat non-inverting

Tegangan pada kaki inverting :

$$V_- = \frac{R_1}{R_f + R_1} V_{out}$$

jika $V_{in} = 1V$ maka amplifier akan menyebabkan v_i lebih besar dari V_{out}/A_{OL} dan keluarannya mempengaruhi input inverting.

Karena R_{in} amplifier besar sekali maka :

$IR_1 = IR_f$ karena $R_{in} \rightarrow \infty$ diperoleh :

$$IR_1 = \frac{VR_1}{R_1} \text{ dan } IR_f = \frac{VR_f}{R_f}$$

Karena $V_+ = V_-$ maka tegangan pada terminal inverting adalah $V_{in} = V_i$ sehingga :

$$IR_1 = \frac{V_{in} + V_i}{R_1} \text{ dan } IR_f = \frac{V_{out} - (V_{in} + V_i)}{R_f}$$

maka :

$$\frac{V_{in} + V_i}{R_1} = \frac{V_{out} - (V_{in} + V_i)}{R_f}$$

Diketahui :

$$V_{out} = A_{OL} V_i \quad \rightarrow \quad V_i = \frac{V_{out}}{A_{OL}}$$

untuk amplifier $A_{OL} \rightarrow \infty$

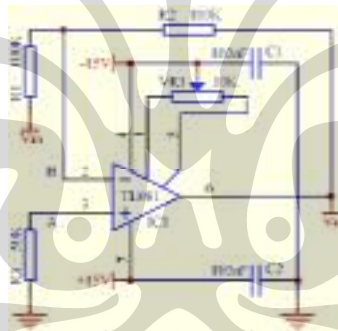
sehingga :

$$\frac{V_{in}}{R_1} = \frac{V_{out} - V_{in}}{R_f} \quad \rightarrow \quad V_{in} R_f = (V_{out} - V_{in}) R_1$$

$$V_{in} (R_f + R_1) = V_{out} R_1$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = A_{fb} = \frac{R_f + R_1}{R_1} = \frac{R_f}{R_1} + 1$$

2.3.6 Penguat Inverting



Gambar 2.9. Penguat Inverting

Input dan output berbeda sebesar 180° (dalam fase)

Jika V_{in} diberikan maka V_i lebih besar dari nol, menyebabkan output menjadi negatif (karena diumpankan pada input inverting).

Keluaran akan semakin negatif hingga tegangan pada terminal input inverting hampir nol,

$$V_i = \frac{V_{out}}{A_{OL}} \cong 0.$$

karena : $IR_1 = IR_f$ maka : $\frac{V_{in} - V_i}{R_1} = -\frac{(V_{out} - V_i)}{R_f}$

tanda negatif menyatakan output yang diinvertir.

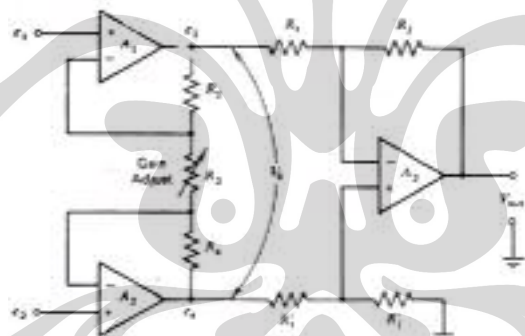
$$V_i = 0 \quad A_{OL} \rightarrow \infty$$

$$\frac{V_{in}}{R_1} = -\frac{V_{out}}{R_f}$$

Sehingga Close loop gain :

$$A_{fb} = \frac{V_{out}}{V_{in}} = -\frac{R_f}{R_1}$$

2. 4 Instrument amplifier



Gambar 2.9. Instrument amplifier

Rangkaian ini sering kali digunakan, karena rangkaian ini dapat membuat output sesuai dengan keinginan kita ketika $e_1 = 1$ volt output dapat dijadikan dengan menginputkan $e_2 = 1$ volt. Gain adjust untuk mengatur penguatan

$$R_2 = R_4, R_1 = R_1', R_f = R_f'$$

$$V_o = \left(1 + 2 \frac{R_2}{R_3}\right) (e_1 - e_2) \quad V_{out} = \left(\frac{R_1}{R_1}\right) \left(1 + 2 \frac{R_2}{R_3}\right) (e_1 - e_2)$$

Tegangan pada e_3 adalah

$$e_1 = \left(1 + \frac{R_2}{R_3}\right) e_1 - \frac{R_2}{R_3} e_2 + V_{cm} \quad (2-20)$$

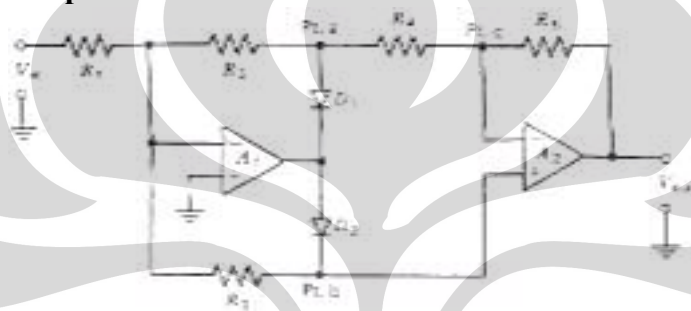
Tegangan pada e4 adalah

$$e_4 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)e_2 - \frac{R_4}{R_3}e_1 + V_{cm} \quad (2-21)$$

Ketika $R_2 = R_4$ maka V_{out}

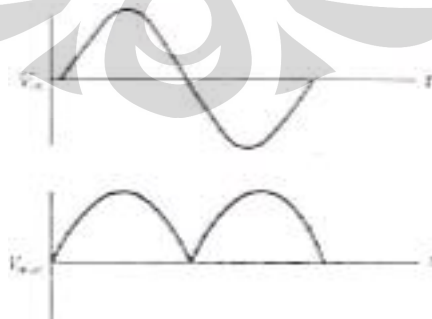
$$V_{out} = (2R_2/R_3 + 1)(e_2 - e_1) \quad (2-21)$$

2.4.1 Precision amplifier



Gambar 2.10. Precision amplifier

Rangkaian ini merupakan penyearah tegangan. Titik Pt.a melewati tegangan pada saat v_{in} berpolaritas positif, dan Pt.b melewati V_{in} pada saat polaritas negative. Sehingga V_{out} selalu bernilai positif dibawah ini adalah grafik yang dihasilkan oleh rangkaian ini



Gambar 2.13. Sinyal input dan output pada rangkaian precision amplifier

BAB 3

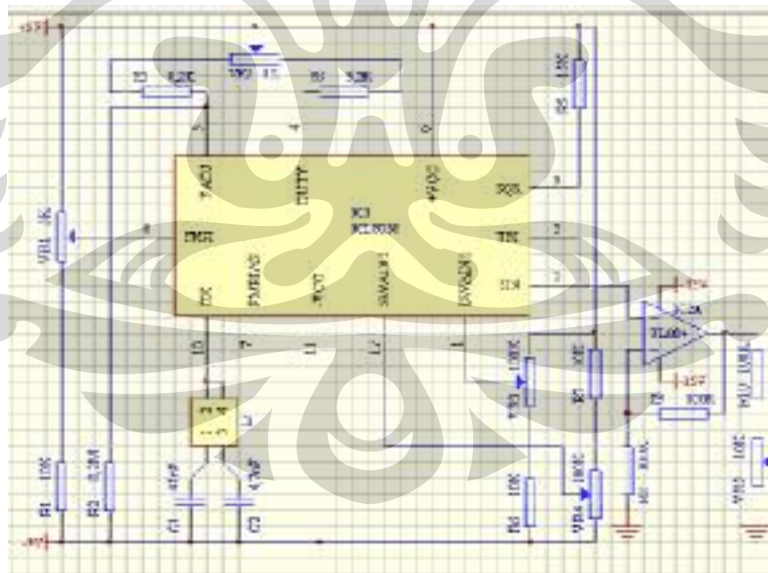
PERANCANGAN DAN CARA KERJA ALAT

Pada Bab ini akan dijelaskan tentang perancangan alat ukur kelembaban udara menggunakan humidity sensor yang terdiri dari beberapa bagian yaitu :

1. Pembangkit sinyal
2. Pengkondisi Sinyal

3.1 Pembangkit sinyal

Pembentukan sinyal dilakukan oleh IC ICL8038 dimana output IC ini diberikan rangkaian non-inverting sehingga didapat $V_{out} = 1V_{rms}$ dengan frekwensi 1k Hz.



Gambar 3.1. Rangkaian pembangkit sinyal

Pada rangkaian ini pengaturan frekwensi sinyal dilakukan oleh resistor variabel

VR1 untuk mengatur FM sweep input

VR2 untuk mengatur duty cycle frekwency adjust

VR3 untuk mengatur sine wave adjust input

VR4 untuk mengatur sine wave adjust output

Output dari IC ICL 0838 di inputkan ke rangkaian ke non-inverting amplifier.

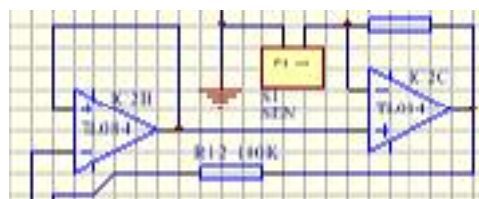
Kemudian output dari rangkaian non-inverting itu amplitudonya di atur sehingga menghasilkan $1 V_{rms}$. Sinyal sinus ini di buffer untuk rangkaian berikutnya

3. 2 Pengkondisi sinyal

Pada bagian pengkondisi sinyal, dipergunakan beberapa rangkaian untuk mendapatkan keluaran yang diinginkan dan rangkaian-rangkaian tersebut memiliki fungsi yang berbeda. Rangkaian-rangkaian tersebut yaitu:

3.2.1 Non-inverting

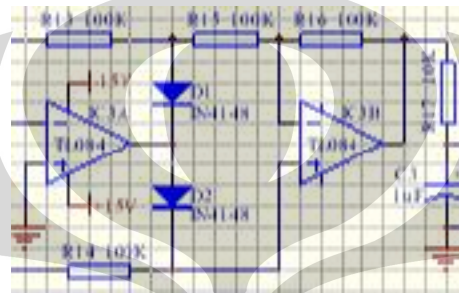
Output dari rangkaian pembangkit sinyal menjadi masukan bagi rangkaian ini setelah di buffer terlebih dahulu guna mempertegas keluaran sebelumnya. Karena sensor merupakan efek kapasitif yang nilai kapasitifnya berubah terhadap kelembaban. dan jika sensor ini diberikan sinyal sinus maka terjadi reaktansi kapasitif (X_c), dimana kelembaban semakin tinggi maka reaktansi semakin kecil. Maka digunakan rangkaian non-inverting (R_f pada rangkaian ini adalah sensor). Sehingga tegangan output dari rangkaian ini membesar ketika kelembaban semakin tinggi.



Gambar 3.2 Rangkaian sensor HSP15P (non-inverting)

3.2.2 Precision amplifier

Hasil dari output dari tegangan ini merupakan tegangan bolak balik, sedangkan pengukuran output dilakukan oleh acuan DC, maka dilakukan penyearahan dengan rangkaian precision amplifier, yang output dari rangkaian ini diberikan kapasitor. Sehingga output menjadi DC murni. Rangkaian ini dikatakan juga sebagai rangkaian full wave rectifier.



Gambar 3.3 Rangkaian precision amplifier

3.2.3 Rangkaian logarithmic

Rangkaian ini digunakan untuk membuat gelombang menjadi linier. Dikarenakan respon dari sensor humidity merupakan grafik $y = 1/x$, dimana y adalah resistansi dan x adalah $2\pi fc$ yang membuat V_{out} pada rangkaian precision rectifier tidak linier. Sehingga perlu digunakan rangkaian logarithmic dimana rangkaian ini memanfaatkan tegangan yg jatuh pd diode. yang persamaannya sebagai berikut

$$I_D = I_s e^{qV_D / k T}$$

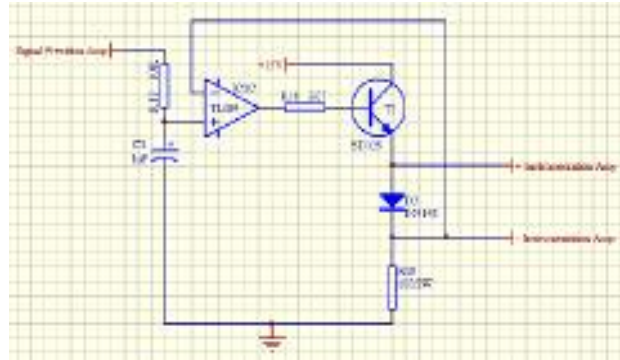
$$\ln I_D = \ln I_s + e^{qV_D / k T}$$

$$\ln I_D = \ln I_s + q (V_D) / k T$$

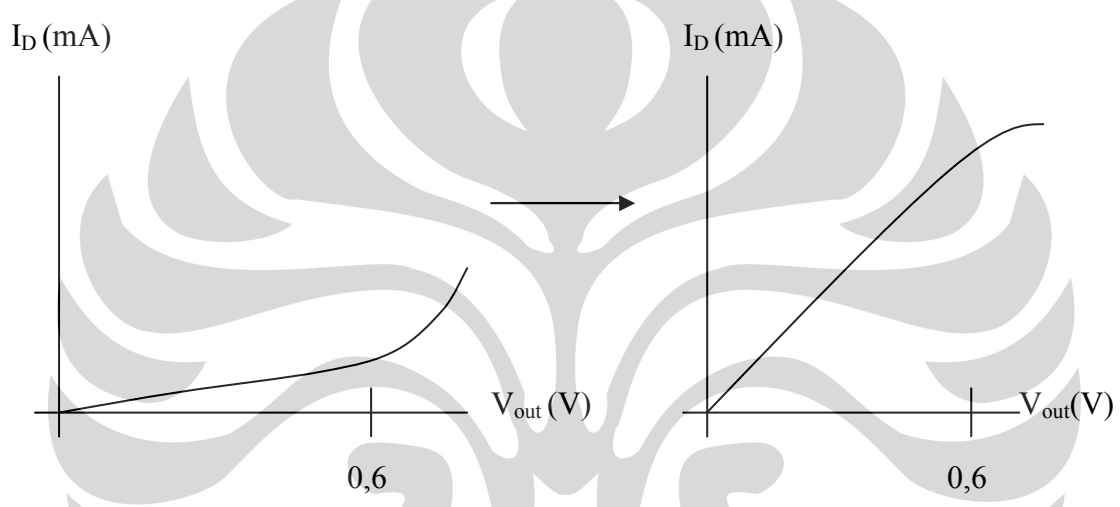
$$\ln I_D - \ln I_s = q V_D / k T$$

$$V_D = (\ln I_D - \ln I_s \cdot k T) / q$$

$$V_D = kT / q (\ln I_D - \ln I_s)$$

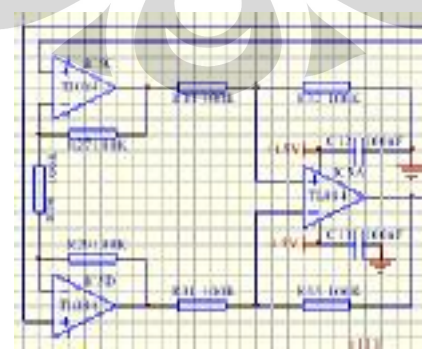


Gambar 3.3. Rangkaian Logarithmic



3.2.4 Instrument amplifier I

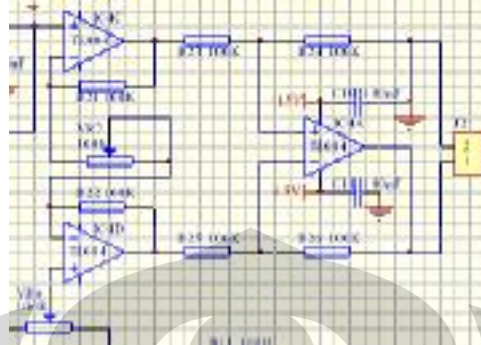
Rangkaian penguat amplifier ini diberikan gain tiga kali. Rangkaian instrument amplifier ini berguna untuk mengambil tegangan yang jatuh pada diode.



Gambar 3.4 Rangkaian Instrument amplifier I

3.2.5 Instrument amplifier II

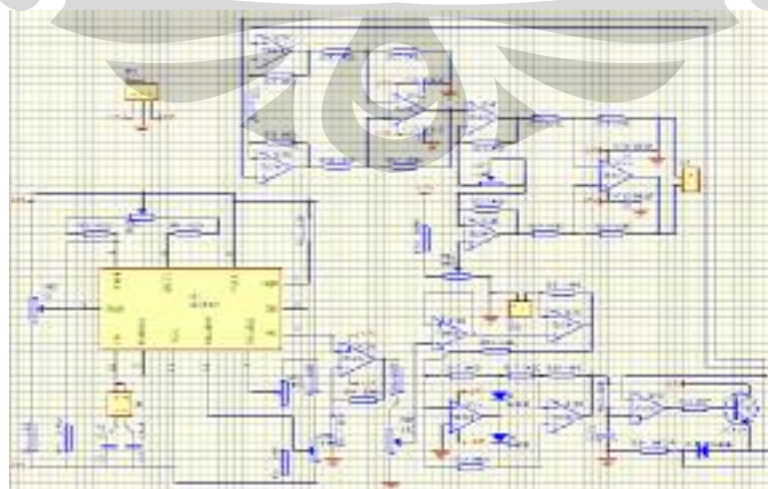
Instrument amplifier ini dibuat agar output dapat diatur penguatannya dan dapat di adjust.



Gambar 3.5 Rangkaian Instrument amplifier II

3.2.6 Rangkaian elektronika keseluruhan

Berdasarkan skematik dapat kita lihat bahwa urutan rangkaian ini bekerja mulai dari rangkaian pembangkit sinyal. Outputnya menjadi masukan bagi rangkaian pengkondisi sinyal yang terdiri atas rangkaian sensor (non-inverting) kemudian outputnya masuk ke rangkaian precision amplifier yang menggunakan kapasitor lalu diteruskan ke rangkaian logaritmik, dan diteruskan lagi ke rangkaian instrument amplifier I dan II.



Gambar 3.6 Rangkaian keseluruhan

3.2.7 Plan alat ukur kelembaban udara menggunakan humidity sensor

Alat ukur ini bekerja menggunakan sensor kelembaban tipe HSP15P yang diletakkan dalam tabung stainless hampa udara. Kelembaban yang diukur, diperoleh dari udara basah yang dihasilkan oleh aerator pada tabung akrilik yang di isi air. Besar keluaran yang terukur oleh multimeter bergantung pada perubahan kelembaban yang di deteksi sensor dalam tabung.



Gambar 3.7 Plan alat ukur kelembaban udara

BAB 4

PENGAMBILAN DATA DAN ANALISA

4.1 Pengujian sensor kelembaban

Pengujian sensor kelembaban merupakan bagian yang terpenting dari pembuatan alat pengukur kelembaban ruangan ini. Dalam melakukan pengambilan data, ada berbagai variasi cara mengambil data. Pada pengambilan data alat pengukur kelembaban ruangan yang dilakukan beberapa macam variasi.

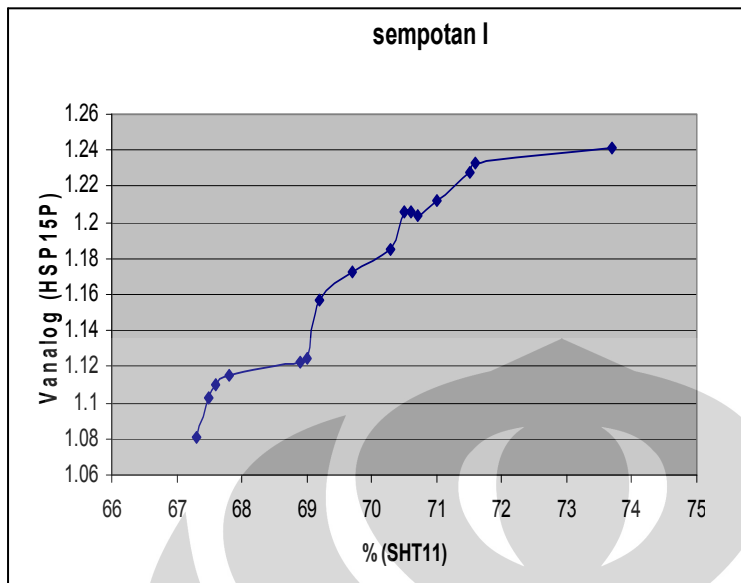
4.1.1 Pengambilan data dengan referensi sensor SHT11

Pengambilan data menggunakan sensor HSP15P lebih lambat responnya dibandingkan dengan menggunakan sensor SHT11 dan keluaran SHT11 adalah digital. Namun pada pengukuran angka kelembaban pada ruang yang sama, kedua sensor ini menunjukkan perubahan yang sebanding.

Pada ruang yang dibuat dengan akrilik diberikan beberapa semprot air. Output pada SHT11 yang berbentuk Persen (%) dibandingkan dengan output rangkaian yang menggunakan sensor HSP15P(Volt). Setelah beberapa semprot kelembaban akan naik sampai SHT 11 dan HSP15P tidak naik lagi .kemudian pencataan di mulai secara menurun. Pencatan data dilakukan bila SHT 11 dan HSP15P stabil.

Hal ini ditunjukkan oleh data sebagai berikut :

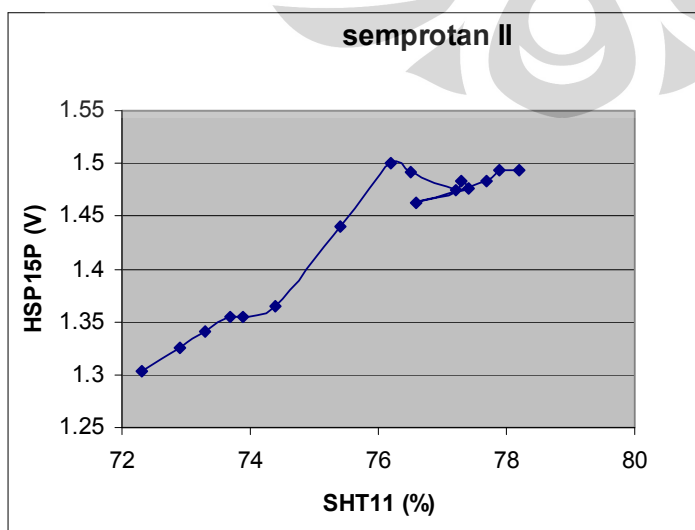
- Grafik data pada semprotan pertama



Analisa:

Pada grafik hasil percobaan pertama terlihat bahwa data yang didapat cukup baik karena perubahan kelembabannya linear. Namun pada grafik terlihat ketika sensor menunjukkan kelembaban antara 69,7 – 69,2 pada sensor HSP15P terjadi perubahan yang agak jauh (1,172 – 1,157). Sehingga terjadi pelelukan grafik seperti yang terlihat diatas.

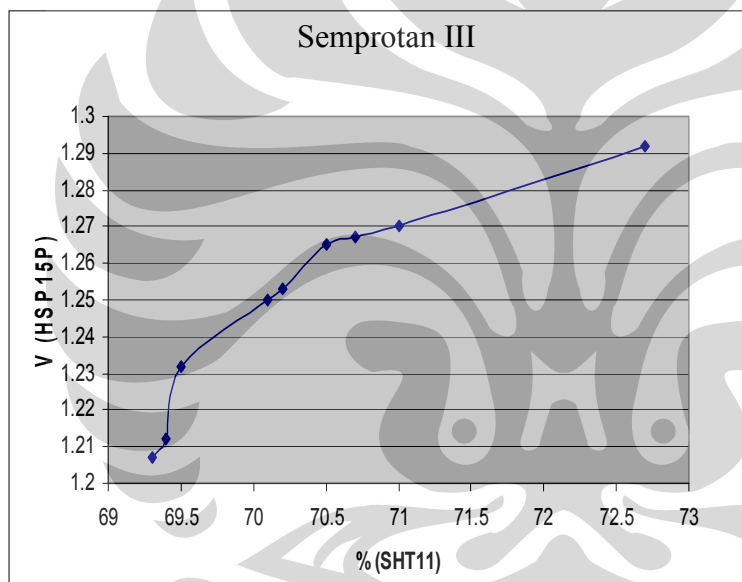
- Grafik data pada semprotan kedua



Analisa:

Pada grafik hasil percobaan kedua terlihat bahwa pada pengambilan data terdapat perubahan yang tidak stabil. Hal ini dikarenakan bahwa kelembaban dalam tabung yang terdeteksi nilainya naik turun. Sama halnya seperti udara, kelembaban dalam tabung tidak bisa diam. Sedangkan sensor yang digunakan terus mendeteksi perubahan gerakan udara basah dalam tabung, sehingga nilai keluaran tidak stabil perubahannya.

- Grafik data pada semprotan ketiga

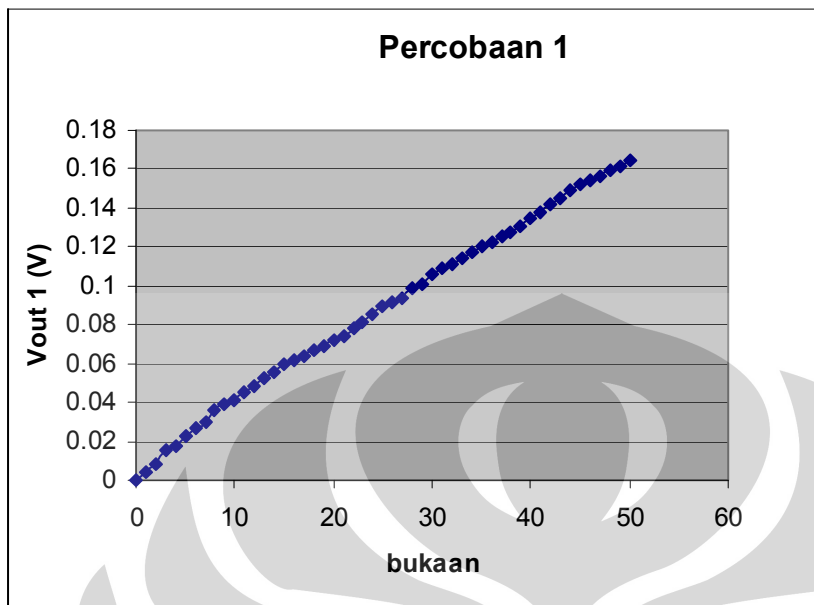


Analisa

Pada percobaan ketiga diperoleh data yang baik. Perubahan nilai kelembaban antara sensor SHT11 dan HSP15P yang diperoleh relatif stabil sehingga grafik datanya terlihat linear.

4.1.2 Pengambilan data pada tabung vakum

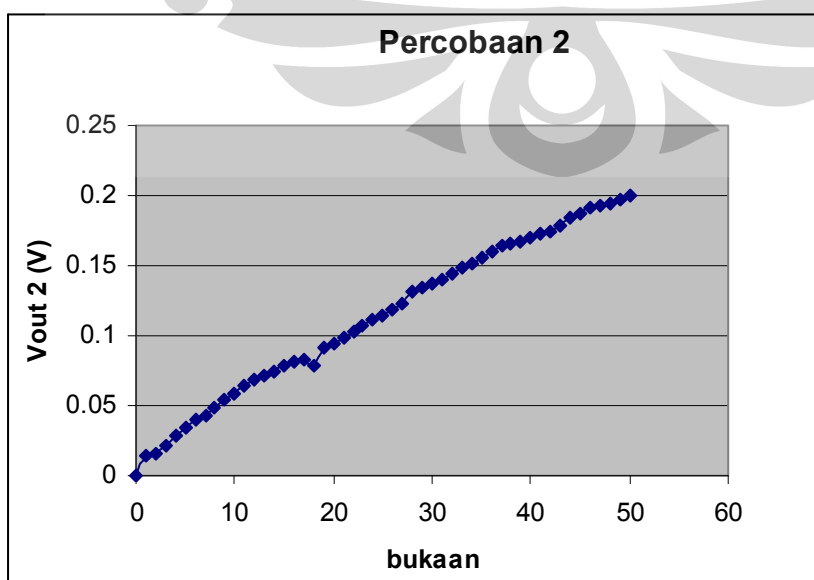
- Grafik data pada percobaan 1



Analisa :

Berdasarkan grafik perolehan data percobaan 1 diatas terlihat nilai yang diperoleh adalah linear. Tiap bukaan rata-rata menghasilkan perubahan 0.002 V. Nilai kelembaban dari bukaan ke-1 sampai bukaan ke-50 perubahannya stabil.

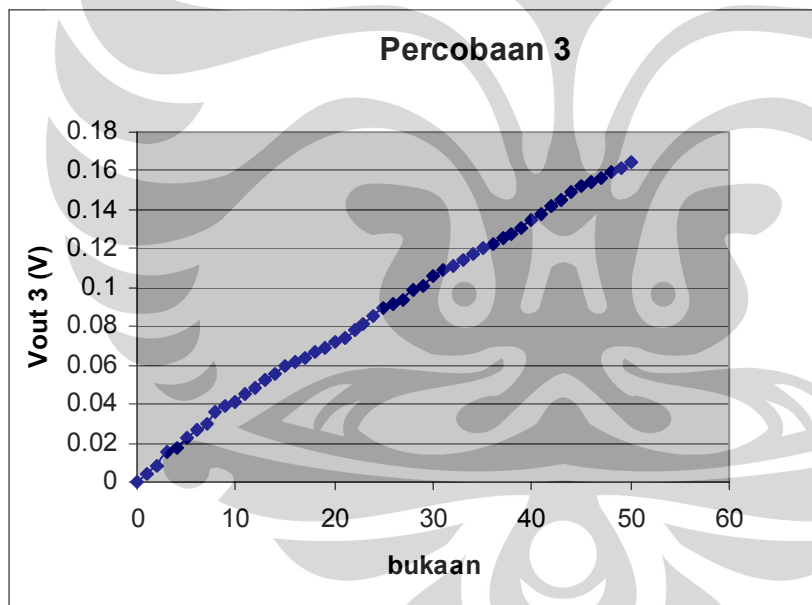
- Grafik data pada percobaan 2



Analisa :

Pada grafik percobaan 2 diperoleh data hampir sama seperti pada percobaan 1. Perubahan kelembabannya stabil dan grafiknya linear. Tiap bukaan rata-rata menghasilkan perubahan 0.004 V (pada plan dilakukan 2 kali pembukaan valve tiap data 1 bukaan). Namun pada bukaan ke-18 nilai kelembaban yang tercatat nilainya turun 0.005 V kemudian pada bukaan ke-19 kembali naik dan bukaan seterusnya perubahan yang didapat kembali stabil. Sehingga pada grafik terdapat sedikit pelekukan pada bukaan ke-18.

- Grafik data pada percobaan 3



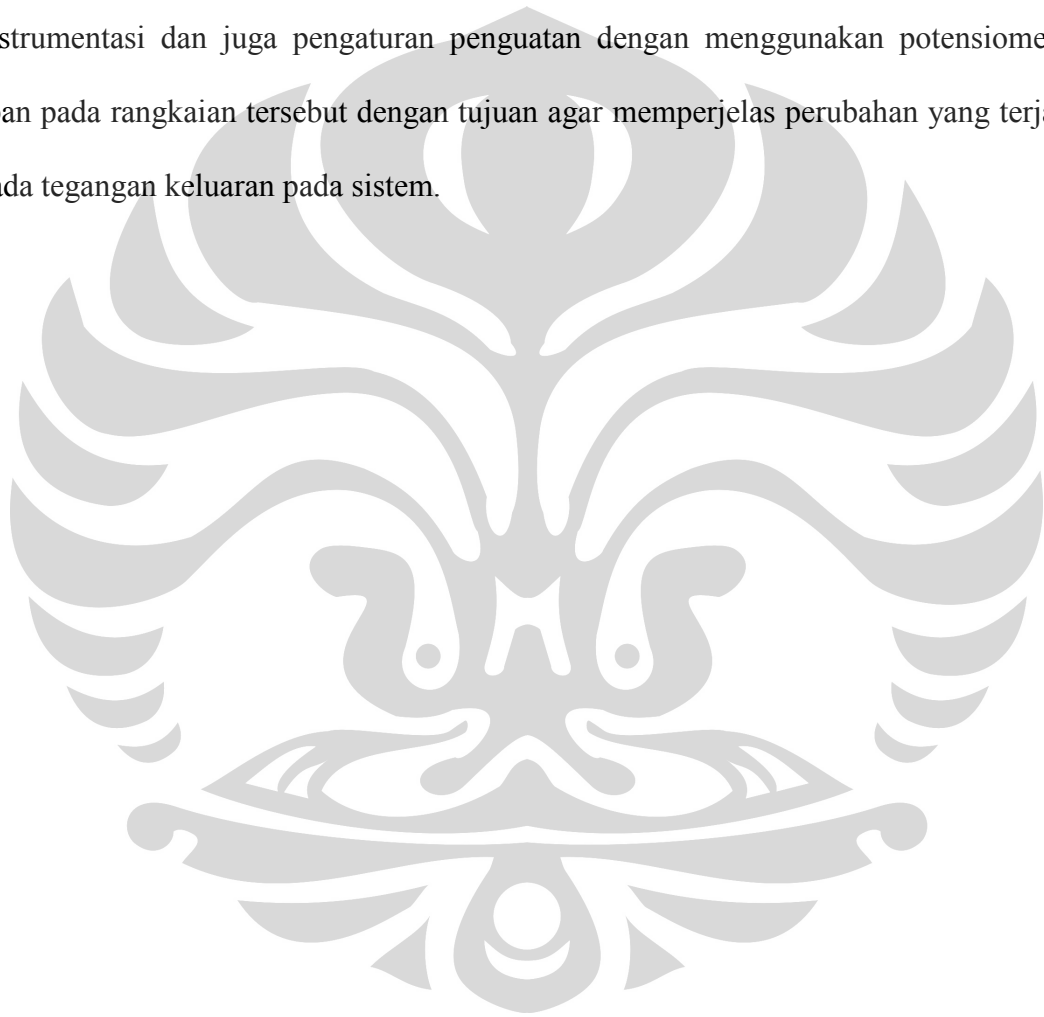
Analisa :

Pada percobaan diatas terlihat data yang linier. Perubahan yang dihasilkan stabil. Tiap bukaan rata-rata menghasilkan perubahan 0.004 V. Dari data yang diperoleh pada grafik diatas, terbukti bahwa semakin besar impedansi maka kelembaban relatif juga semakin besar.

4.2 Pengujian rangkaian

Pada pengujian rangkaian ini, akan diambil data dari beberapa variasi kelembaban yang diatur secara manual. Yaitu seperti pengaturan pada rangkaian pembangkit sinyal, sebesar $1V_{\text{rms}}$ pada frekuensi 1kHz,

Pada pengambilan data perlu dilakukan setting nol volt pada tegangan keluaran dengan menggunakan potensiometer zero pada rangkaian penguat instrumentasi dan juga pengaturan penguatan dengan menggunakan potensiometer span pada rangkaian tersebut dengan tujuan agar memperjelas perubahan yang terjadi pada tegangan keluaran pada sistem.



BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Setelah menyelesaikan perancangan sistem serta melakukan pengujian terhadap sistem tersebut, maka penulis dapat menarik suatu kesimpulan bahwa :

1. Sensor HSP15P merupakan sensor kelembaban yang outputnya analog dan responnya lebih lambat dari sensor digital yang dipergunakan sebagai pembanding.
2. Kadar uap air dalam tabung vakum menghasilkan kelembaban relatif yang kecil. Karena pada tabung vakum ruang antar molekul untuk menyerap air adalah kecil.
3. Semakin tinggi kelembaban relatif nilai impedansi juga semakin tinggi, sehingga grafik korelasinya linier.
4. Pengaturan penguatan output pada rangkaian instrument amplifier memudahkan pembacaan perubahan data kelembaban.

5.2 Saran

Sebuah bentuk pemikiran yang dituangkan dalam wujud saran, untuk dapat lebih mengembangkan dan menciptakan suatu perangkat ukur yang memiliki tingkat efisiensi dan efektifitas kearah yang lebih baik, diutarakan oleh penulis sebagai berikut :

1. Pada pengukuran kelembaban sebaiknya dilakukan juga perbandingan terhadap suhu.

2. Sensor kelembaban yang digunakan untuk alat ukur kelembaban sebaiknya sensor yg memiliki respon lebih baik agar data benar-benar akurat.
3. Tabung stainless yang digunakan untuk kondisi hampa udara sebaiknya di desain ulang agar pencapaian kondisi vakum lebih mudah.



DAFTAR PUSTAKA

Coughlin, Robert F, *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*, Erlangga, Jakarta, 1983.

Fauklenberry, lucas M, *An Introduction To Operational Amplifier*, John Willy And Sons, Taipe, 1983.

Kanginanan, Marthen, *Fisika 2000*, Erlangga, Jakarta, 2000.

Malvino, Albert Paul, *Prinsip-Prinsip Elektronik*, Edisi kedua, Erlangga, Jakarta, 1981.

Y.N. Bapat, *Electronic Circuits And Systems: Analog and Digital*, Tata Mc Graw Hill Publishing.Co.Ltd, New Delhi 1993.

www.google.com .

Precision Waveform Generator/ Voltage Controlled Oscillator

November 1996

Features

- Low Frequency Drift with Temperature . . . 250ppm/°C
- Low Distortion 1% (Sine Wave Output)
- High Linearity 0.1% (Triangle Wave Output)
- Wide Frequency Range 0.001Hz to 300kHz
- Variable Duty Cycle 2% to 98%
- High Level Outputs TTL to 28V
- Simultaneous Sine, Square, and Triangle Wave Outputs
- Easy to Use - Just a Handful of External Components Required

Description

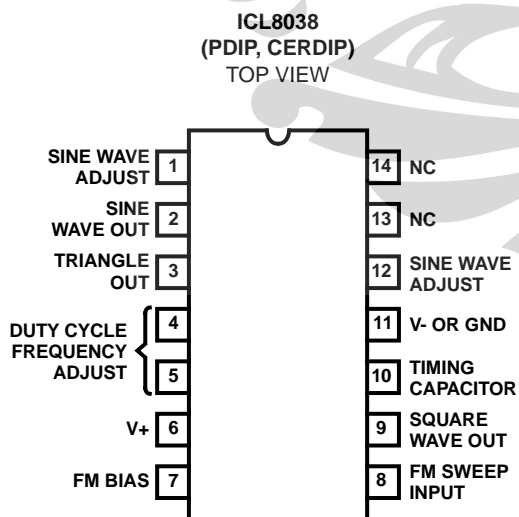
The ICL8038 waveform generator is a monolithic integrated circuit capable of producing high accuracy sine, square, triangular, sawtooth and pulse waveforms with a minimum of external components. The frequency (or repetition rate) can be selected externally from 0.001Hz to more than 300kHz using either resistors or capacitors, and frequency modulation and sweeping can be accomplished with an external voltage. The ICL8038 is fabricated with advanced monolithic technology, using Schottky barrier diodes and thin film resistors, and the output is stable over a wide range of temperature and supply variations. These devices may be interfaced with phase locked loop circuitry to reduce temperature drift to less than 250ppm/°C.

Ordering Information

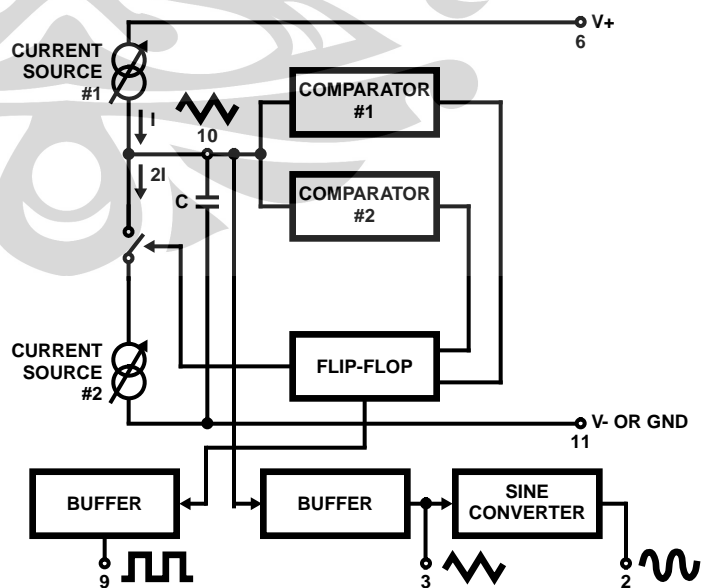
PART NUMBER	STABILITY	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. NO.
ICL8038CCPD	250ppm/°C (Typ)	0 to 70	14 Ld PDIP	E14.3
ICL8038CCJD	250ppm/°C (Typ)	0 to 70	14 Ld Cerdip	F14.3
ICL8038BCJD	180ppm/°C (Typ)	0 to 70	14 Ld Cerdip	F14.3
ICL8038ACJD	120ppm/°C (Typ)	0 to 70	14 Ld Cerdip	F14.3
ICL8038BMJD (Note)	350ppm/°C (Max)	-55 to 125	14 Ld Cerdip	F14.3
ICL8038AMJD (Note)	250ppm/°C (Max)	-55 to 125	14 Ld Cerdip	F14.3

NOTE: Add /883B to part number if 883 processing is required.

Pinout



Functional Diagram



ICL8038

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage (V- to V+)	36V
Input Voltage (Any Pin)	V- to V+
Input Current (Pins 4 and 5)	25mA
Output Sink Current (Pins 3 and 9)	25mA

Operating Conditions

Temperature Range	
ICL8038AM, ICL8038BM	-55°C to 125°C
ICL8038AC, ICL8038BC, ICL8038CC	0°C to 70°C

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTE:

1. θ_{JA} is measured with the component mounted on an evaluation PC board in free air.

Thermal Information

Thermal Resistance (Typical, Note 1)	θ_{JA} (°C/W)	θ_{JC} (°C/W)
CERDIP Package	75	20
PDIP Package	115	N/A
Maximum Junction Temperature (Ceramic Package)	175°C	
Maximum Junction Temperature (Plastic Package)	150°C	
Maximum Storage Temperature Range	-65°C to 150°C	
Maximum Lead Temperature (Soldering 10s)	300°C	

Electrical Specifications $V_{SUPPLY} = \pm 10V$ or $+20V$, $T_A = 25^\circ C$, $R_L = 10k\Omega$, Test Circuit Unless Otherwise Specified

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	ICL8038CC			ICL8038BC(BM)			ICL8038AC(AM)			UNITS
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Supply Voltage Operating Range	V_{SUPPLY} V+	Single Supply	+10	-	+30	+10	-	+30	+10	-	+30	V
	V+, V-	Dual Supplies	±5	-	±15	±5	-	±15	±5	-	±5	V
Supply Current 8038AM 8038BM	I_{SUPPLY}	$V_{SUPPLY} = \pm 10V$ (Note 2)	-	-	-	12	15	-	12	15	mA	
			8038AC, 8038BC, 8038CC	12	20	-	12	20	-	12	20	mA
FREQUENCY CHARACTERISTICS (All Waveforms)												
Max. Frequency of Oscillation	f_{MAX}		100	-	-	100	-	-	100	-	-	kHz
Sweep Frequency of FM Input	f_{SWEEP}		-	10	-	-	10	-	-	10	-	kHz
Sweep FM Range		(Note 3)	-	35:1	-	-	35:1	-	-	35:1	-	
FM Linearity		10:1 Ratio	-	0.5	-	-	0.2	-	-	0.2	-	%
Frequency Drift with Temperature (Note 5)	$\Delta f/\Delta T$	8038AC, 8038BC, 8038CC	0°C to 70°C	-	250	-	-	180	-	-	120	ppm/°C
		8038AM, 8038BM	-55°C to 125°C	-	-	-	-	350	-	-	250	ppm/°C
Frequency Drift with Supply Voltage	$\Delta f/\Delta V$	Over Supply Voltage Range	-	0.05	-	-	0.05	-	-	0.05	-	%/V
OUTPUT CHARACTERISTICS												
Square Wave												-
Leakage Current	I_{OLK}	$V_g = 30V$	-	-	1	-	-	1	-	-	1	μA
Saturation Voltage	V_{SAT}	$I_{SINK} = 2mA$	-	0.2	0.5	-	0.2	0.4	-	0.2	0.4	V
Rise Time	t_R	$R_L = 4.7k\Omega$	-	180	-	-	180	-	-	180	-	ns
Fall Time	t_F	$R_L = 4.7k\Omega$	-	40	-	-	40	-	-	40	-	ns
Typical Duty Cycle Adjust (Note 6)	ΔD		2		98	2		98	2		98	%
Triangle/Sawtooth/Ramp												-
Amplitude	$V_{TRIANGLE}$	$R_{TRI} = 100k\Omega$	0.30	0.33	-	0.30	0.33	-	0.30	0.33	-	$\times V_{SUPPLY}$
Linearity			-	0.1	-	-	0.05	-	-	0.05	-	%

ICL8038

Electrical Specifications $V_{SUPPLY} = \pm 10V$ or $+20V$, $T_A = 25^\circ C$, $R_L = 10k\Omega$, Test Circuit Unless Otherwise Specified (Continued)

PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	ICL8038CC			ICL8038BC(BM)			ICL8038AC(AM)			UNITS
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Output Impedance	Z_{OUT}	$I_{OUT} = 5mA$	-	200	-	-	200	-	-	200	-	Ω
Sine Wave Amplitude	V_{SINE}	$R_{SINE} = 100k\Omega$	0.2	0.22	-	0.2	0.22	-	0.2	0.22	-	$\times V_{SUPPLY}$
THD	THD	$R_S = 1M\Omega$ (Note 4)	-	2.0	5	-	1.5	3	-	1.0	1.5	%
THD Adjusted	THD	Use Figure 4	-	1.5	-	-	1.0	-	-	0.8	-	%

NOTES:

2. R_A and R_B currents not included.
3. $V_{SUPPLY} = 20V$; R_A and $R_B = 10k\Omega$, $f \approx 10kHz$ nominal; can be extended 1000 to 1. See Figures 5A and 5B.
4. $82k\Omega$ connected between pins 11 and 12, Triangle Duty Cycle set at 50%. (Use R_A and R_B .)
5. Figure 1, pins 7 and 8 connected, $V_{SUPPLY} = \pm 10V$. See Typical Curves for T.C. vs V_{SUPPLY} .
6. Not tested, typical value for design purposes only.

Test Conditions

PARAMETER	R_A	R_B	R_L	C	SW_1	MEASURE
Supply Current	10k Ω	10k Ω	10k Ω	3.3nF	Closed	Current Into Pin 6
Sweep FM Range (Note 7)	10k Ω	10k Ω	10k Ω	3.3nF	Open	Frequency at Pin 9
Frequency Drift with Temperature	10k Ω	10k Ω	10k Ω	3.3nF	Closed	Frequency at Pin 3
Frequency Drift with Supply Voltage (Note 8)	10k Ω	10k Ω	10k Ω	3.3nF	Closed	Frequency at Pin 9
Output Amplitude (Note 10)						
Sine	10k Ω	10k Ω	10k Ω	3.3nF	Closed	Pk-Pk Output at Pin 2
Triangle	10k Ω	10k Ω	10k Ω	3.3nF	Closed	Pk-Pk Output at Pin 3
Leakage Current (Off) (Note 9)	10k Ω	10k Ω		3.3nF	Closed	Current into Pin 9
Saturation Voltage (On) (Note 9)	10k Ω	10k Ω		3.3nF	Closed	Output (Low) at Pin 9
Rise and Fall Times (Note 11)	10k Ω	10k Ω	4.7k Ω	3.3nF	Closed	Waveform at Pin 9
Duty Cycle Adjust (Note 11)						
Max	50k Ω	~1.6k Ω	10k Ω	3.3nF	Closed	Waveform at Pin 9
Min	~25k Ω	50k Ω	10k Ω	3.3nF	Closed	Waveform at Pin 9
Triangle Waveform Linearity	10k Ω	10k Ω	10k Ω	3.3nF	Closed	Waveform at Pin 3
Total Harmonic Distortion	10k Ω	10k Ω	10k Ω	3.3nF	Closed	Waveform at Pin 2

NOTES:

7. The hi and lo frequencies can be obtained by connecting pin 8 to pin 7 (f_{HI}) and then connecting pin 8 to pin 6 (f_{LO}). Otherwise apply Sweep Voltage at pin 8 ($\frac{2}{3} V_{SUPPLY} + 2V$) $\leq V_{SWEEP} \leq V_{SUPPLY}$ where V_{SUPPLY} is the total supply voltage. In Figure 5B, pin 8 should vary between 5.3V and 10V with respect to ground.
8. $10V \leq V+ \leq 30V$, or $\pm 5V \leq V_{SUPPLY} \leq \pm 15V$.
9. Oscillation can be halted by forcing pin 10 to +5V or -5V.
10. Output Amplitude is tested under static conditions by forcing pin 10 to 5V then to -5V.
11. Not tested; for design purposes only.

Test Circuit

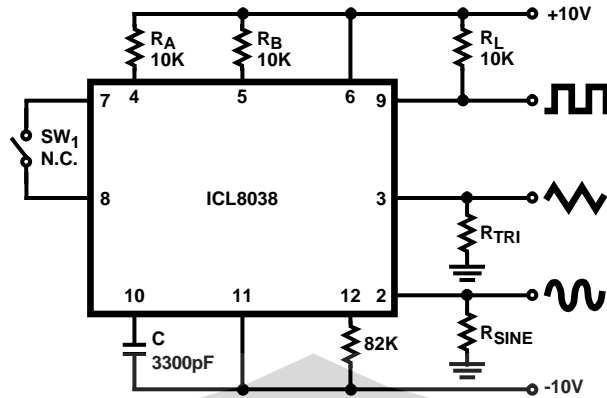
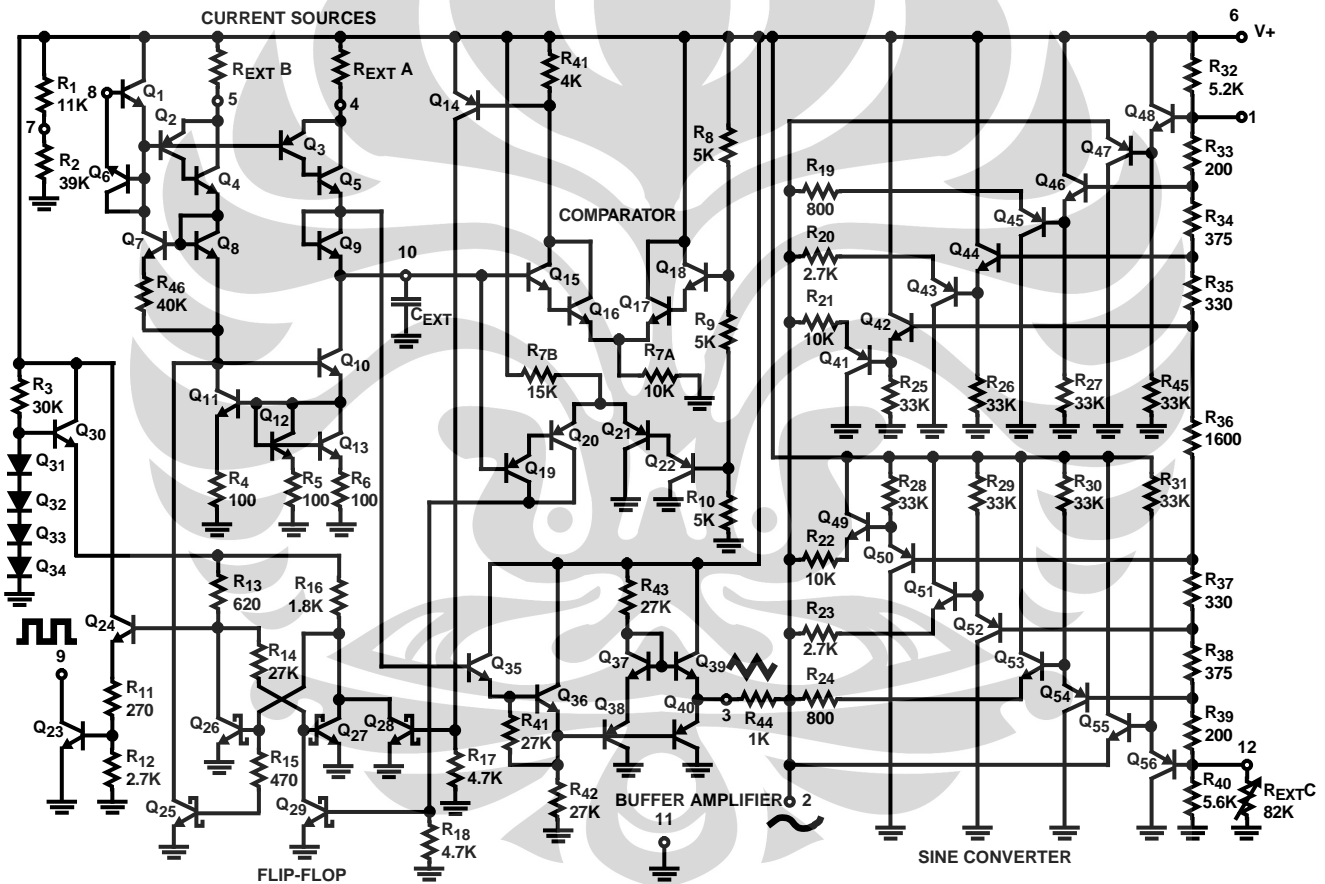


FIGURE 1. TEST CIRCUIT

Detailed Schematic



Application Information (See Functional Diagram)

An external capacitor C is charged and discharged by two current sources. Current source #2 is switched on and off by a flip-flop, while current source #1 is on continuously. Assuming that the flip-flop is in a state such that current source #2 is off, and the capacitor is charged with a current I, the voltage across the capacitor rises linearly with time. When this voltage reaches the level of comparator #1 (set at 2/3 of the supply voltage), the flip-flop is triggered, changes states, and releases current source #2. This current source normally carries a current 2I, thus the capacitor is discharged with a net-current I and the voltage

across it drops linearly with time. When it has reached the level of comparator #2 (set at 1/3 of the supply voltage), the flip-flop is triggered into its original state and the cycle starts again.

Four waveforms are readily obtainable from this basic generator circuit. With the current sources set at I and 2I respectively, the charge and discharge times are equal. Thus a triangle waveform is created across the capacitor and the flip-flop produces a square wave. Both waveforms are fed to buffer stages and are available at pins 3 and 9.

The levels of the current sources can, however, be selected over a wide range with two external resistors. Therefore, with the two currents set at values different from I and $2I$, an asymmetrical sawtooth appears at Terminal 3 and pulses with a duty cycle from less than 1% to greater than 99% are available at Terminal 9.

The sine wave is created by feeding the triangle wave into a nonlinear network (sine converter). This network provides a decreasing shunt impedance as the potential of the triangle moves toward the two extremes.

Waveform Timing

The *symmetry* of all waveforms can be adjusted with the external timing resistors. Two possible ways to accomplish this are shown in Figure 3. Best results are obtained by keeping the timing resistors R_A and R_B separate (A). R_A controls the rising portion of the triangle and sine wave and the 1 state of the square wave.

The magnitude of the triangle waveform is set at $1/3 V_{SUPPLY}$; therefore the rising portion of the triangle is,

$$t_1 = \frac{C \times V}{I} = \frac{C \times 1/3 \times V_{SUPPLY} \times R_A}{0.22 \times V_{SUPPLY}} = \frac{R_A \times C}{0.66}$$

The falling portion of the triangle and sine wave and the 0 state of the square wave is:

$$t_2 = \frac{C \times V}{I} = \frac{C \times 1/3 V_{SUPPLY}}{2(0.22) \frac{V_{SUPPLY}}{R_B} - 0.22 \frac{V_{SUPPLY}}{R_A}} = \frac{R_A R_B C}{0.66(2R_A - R_B)}$$

Thus a 50% duty cycle is achieved when $R_A = R_B$.

If the duty cycle is to be varied over a small range about 50% only, the connection shown in Figure 3B is slightly more convenient. A $1k\Omega$ potentiometer may not allow the duty cycle to be adjusted through 50% on all devices. If a 50% duty cycle is required, a $2k\Omega$ or $5k\Omega$ potentiometer should be used.

With two separate timing resistors, the frequency is given by:

$$f = \frac{1}{t_1 + t_2} = \frac{1}{\frac{R_A C}{0.66} \left(1 + \frac{R_B}{2R_A - R_B} \right)}$$

or, if $R_A = R_B = R$

$$f = \frac{0.33}{RC} \text{ (for Figure 3A)}$$

Neither time nor frequency are dependent on supply voltage, even though none of the voltages are regulated inside the integrated circuit. This is due to the fact that both currents and thresholds are direct, linear functions of the supply voltage and thus their effects cancel.

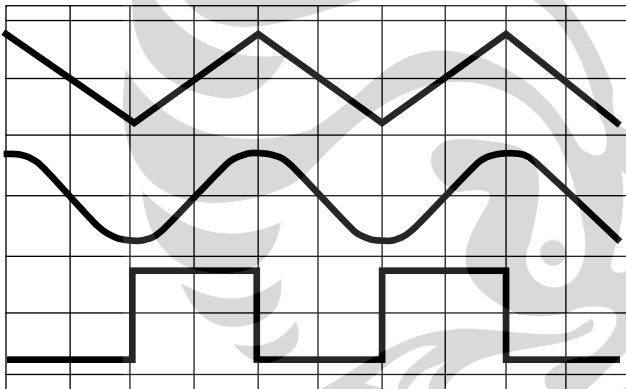


FIGURE 2A. SQUARE WAVE DUTY CYCLE - 50%

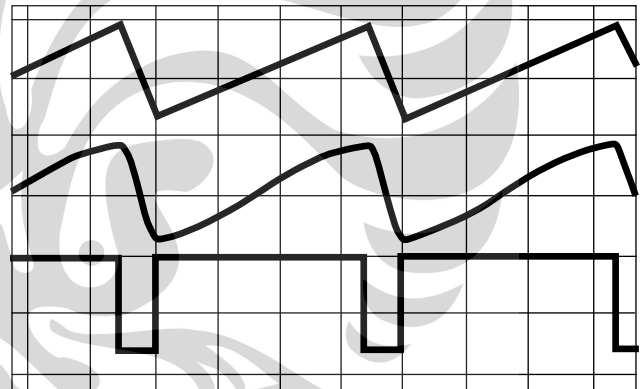


FIGURE 2B. SQUARE WAVE DUTY CYCLE - 80%

FIGURE 2. PHASE RELATIONSHIP OF WAVEFORMS

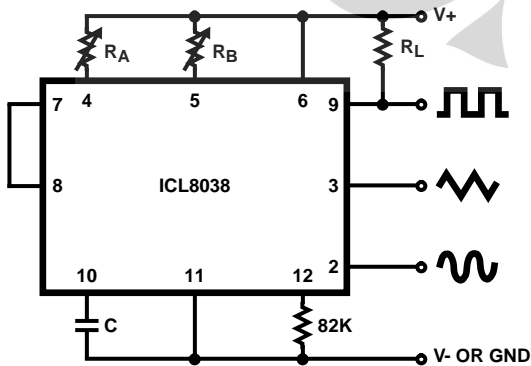


FIGURE 3A.

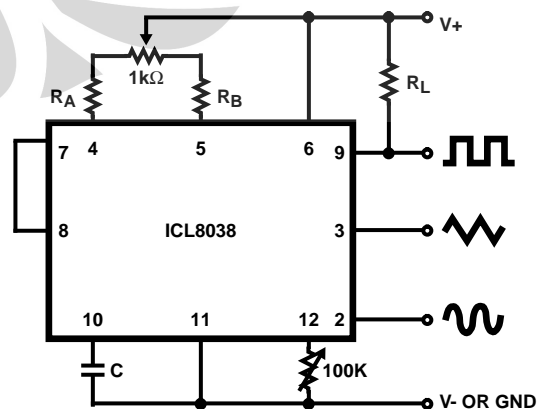


FIGURE 3B.

FIGURE 3. POSSIBLE CONNECTIONS FOR THE EXTERNAL TIMING RESISTORS

Reducing Distortion

To minimize sine wave distortion the 82kΩ resistor between pins 11 and 12 is best made variable. With this arrangement distortion of less than 1% is achievable. To reduce this even further, two potentiometers can be connected as shown in Figure 4; this configuration allows a typical reduction of sine wave distortion close to 0.5%.

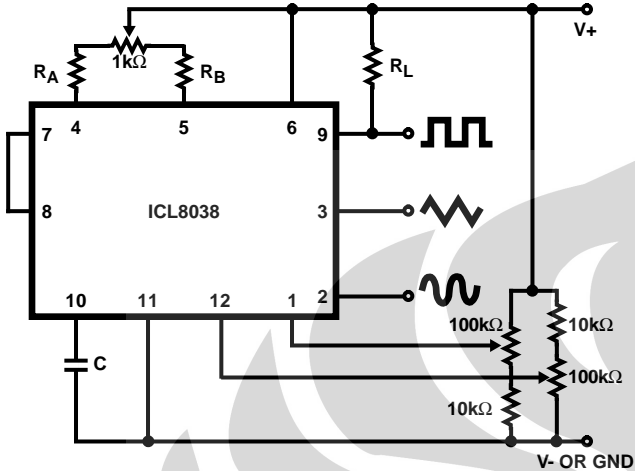


FIGURE 4. CONNECTION TO ACHIEVE MINIMUM SINE WAVE DISTORTION

Selecting RA, RB and C

For any given output frequency, there is a wide range of RC combinations that will work, however certain constraints are placed upon the magnitude of the charging current for optimum performance. At the low end, currents of less than 1μA are undesirable because circuit leakages will contribute significant errors at high temperatures. At higher currents ($I > 5\text{mA}$), transistor betas and saturation voltages will contribute increasingly larger errors. Optimum performance will, therefore, be obtained with charging currents of 10μA to 1mA. If pins 7 and 8 are shorted together, the magnitude of the charging current due to RA can be calculated from:

$$I = \frac{R_1 \times (V_+ - V_-)}{(R_1 + R_2)} \times \frac{1}{R_A} = \frac{0.22(V_+ - V_-)}{R_A}$$

R1 and R2 are shown in the Detailed Schematic.

A similar calculation holds for RB.

The capacitor value should be chosen at the upper end of its possible range.

Waveform Out Level Control and Power Supplies

The waveform generator can be operated either from a single power supply (10V to 30V) or a dual power supply (±5V to ±15V). With a single power supply the average levels of the triangle and sine wave are at exactly one-half of the supply voltage, while the square wave alternates between V+ and ground. A split power supply has the advantage that all waveforms move symmetrically about ground.

The square wave output is not committed. A load resistor can be connected to a different power supply, as long as the applied voltage remains within the breakdown capability of the waveform generator (30V). In this way, the square wave

output can be made TTL compatible (load resistor connected to +5V) while the waveform generator itself is powered from a much higher voltage.

Frequency Modulation and Sweeping

The frequency of the waveform generator is a direct function of the DC voltage at Terminal 8 (measured from V+). By altering this voltage, frequency modulation is performed. For small deviations (e.g. ±10%) the modulating signal can be applied directly to pin 8, merely providing DC decoupling with a capacitor as shown in Figure 5A. An external resistor between pins 7 and 8 is not necessary, but it can be used to increase input impedance from about 8kΩ (pins 7 and 8 connected together), to about (R + 8kΩ).

For larger FM deviations or for frequency sweeping, the modulating signal is applied between the positive supply voltage and pin 8 (Figure 5B). In this way the entire bias for the current sources is created by the modulating signal, and a very large (e.g. 1000:1) sweep range is created ($f = 0$ at $V_{\text{SWEEP}} = 0$). Care must be taken, however, to regulate the supply voltage; in this configuration the charge current is no longer a function of the supply voltage (yet the trigger thresholds still are) and thus the frequency becomes dependent on the supply voltage. The potential on Pin 8 may be swept down from V+ by ($\frac{1}{3} V_{\text{SUPPLY}} - 2V$).

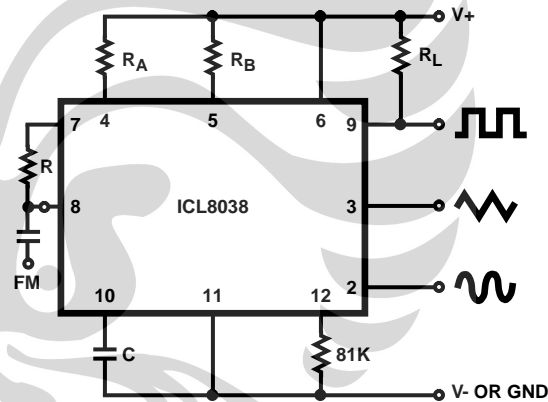


FIGURE 5A. CONNECTIONS FOR FREQUENCY MODULATION

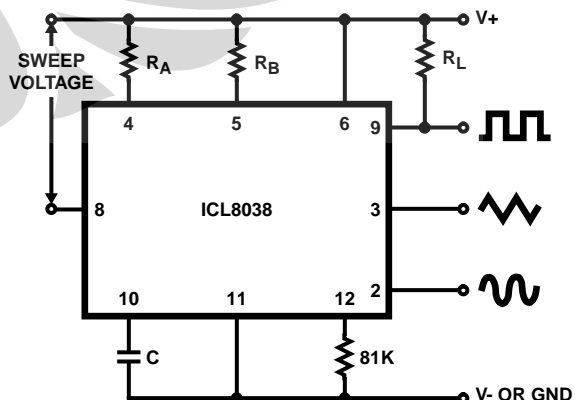


FIGURE 5B. CONNECTIONS FOR FREQUENCY SWEEP

FIGURE 5.

Typical Applications

The sine wave output has a relatively high output impedance (1kΩ Typ). The circuit of Figure 6 provides buffering, gain and amplitude adjustment. A simple op amp follower could also be used.

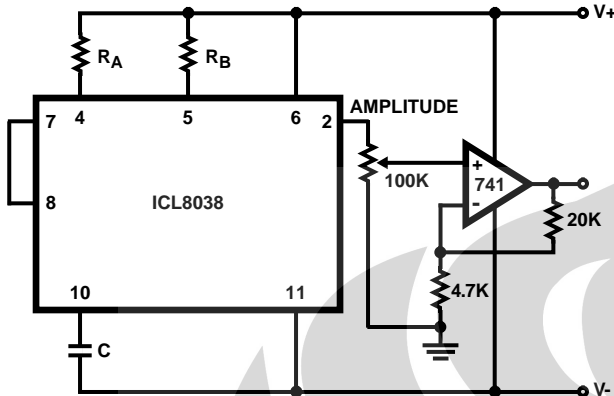


FIGURE 6. SINE WAVE OUTPUT BUFFER AMPLIFIERS

With a dual supply voltage the external capacitor on Pin 10 can be shorted to ground to halt the ICL8038 oscillation. Figure 7 shows a FET switch, diode ANDED with an input strobe signal to allow the output to always start on the same slope.

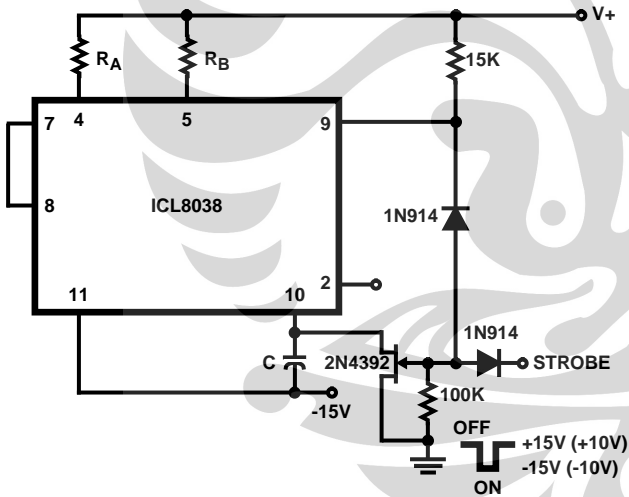


FIGURE 7. STROBE TONE BURST GENERATOR

To obtain a 1000:1 Sweep Range on the ICL8038 the voltage across external resistors RA and RB must decrease to nearly zero. This requires that the highest voltage on control Pin 8 exceed the voltage at the top of RA and RB by a few hundred mV. The Circuit of Figure 8 achieves this by using a diode to lower the effective supply voltage on the ICL8038. The large resistor on pin 5 helps reduce duty cycle variations with sweep.

The linearity of input sweep voltage versus output frequency can be significantly improved by using an op amp as shown in Figure 9.

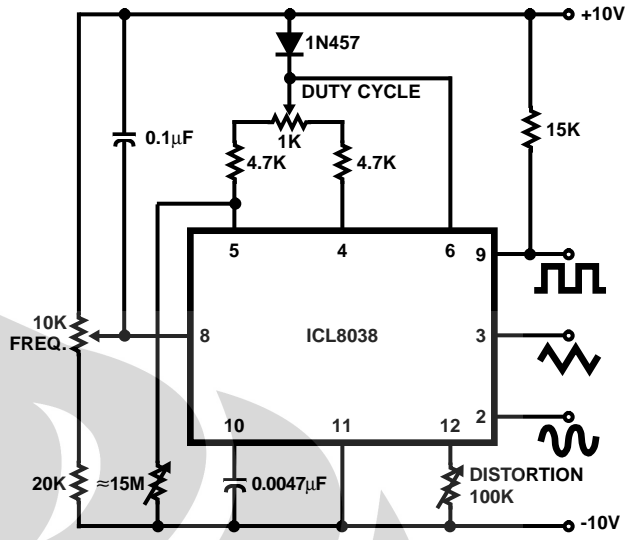


FIGURE 8. VARIABLE AUDIO OSCILLATOR, 20Hz TO 20kHzY

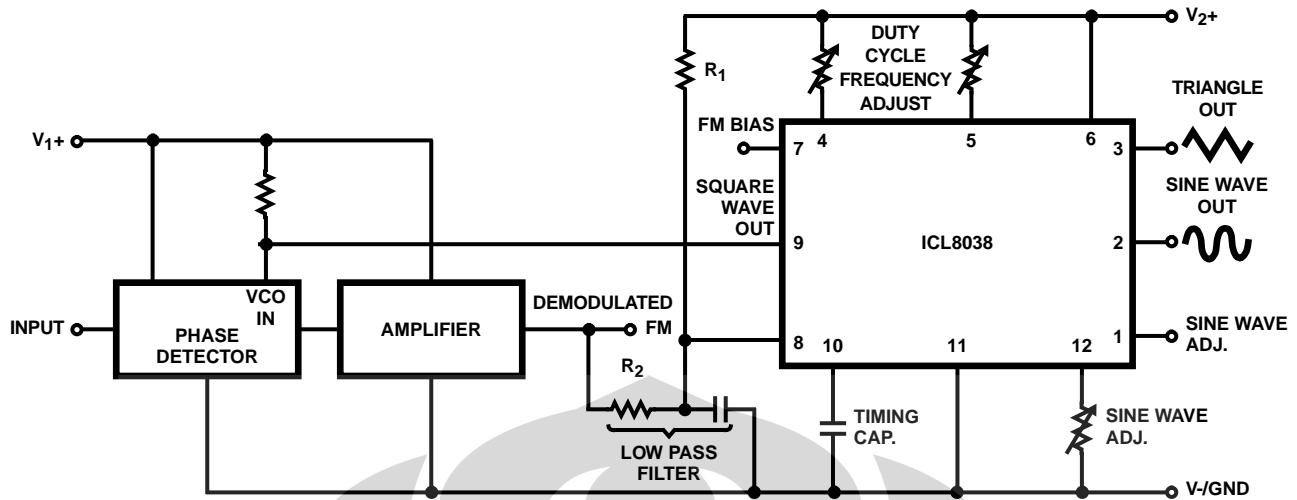


FIGURE 9. WAVEFORM GENERATOR USED AS STABLE VCO IN A PHASE-LOCKED LOOP

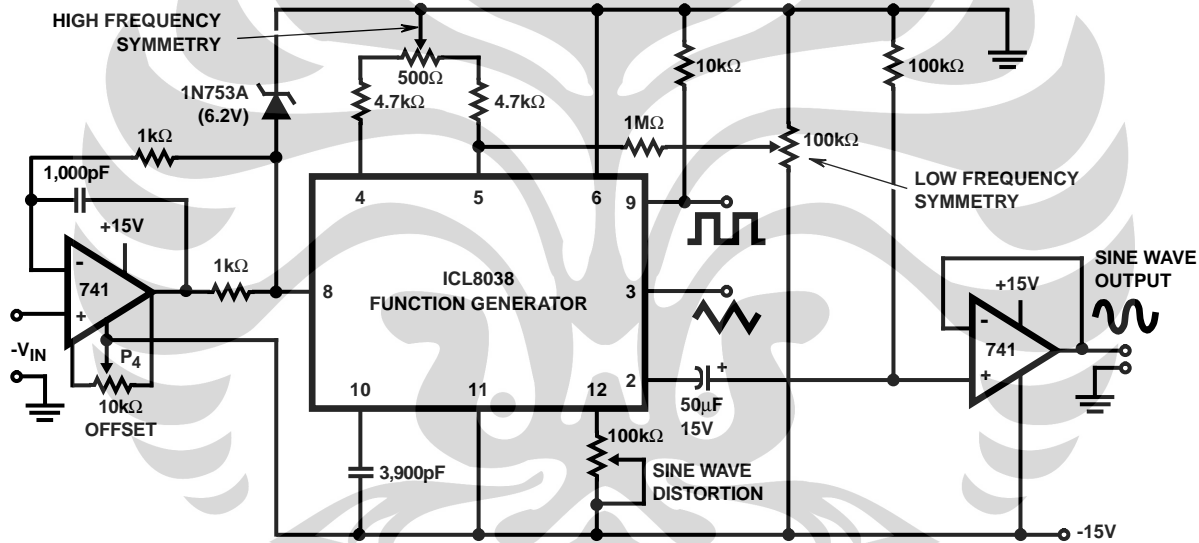


FIGURE 10. LINEAR VOLTAGE CONTROLLED OSCILLATOR

Use in Phase Locked Loops

Its high frequency stability makes the ICL8038 an ideal building block for a phase locked loop as shown in Figure 10. In this application the remaining functional blocks, the phase detector and the amplifier, can be formed by a number of available ICs (e.g., MC4344, NE562, HA2800, HA2820).

In order to match these building blocks to each other, two steps must be taken. First, two different supply voltages are used and the square wave output is returned to the supply of the phase detector. This assures that the VCO input voltage will not exceed the capabilities of the phase detector. If a smaller VCO signal is required, a simple resistive voltage divider is connected between pin 9 of the waveform generator and the VCO input of the phase detector.

Second, the DC output level of the amplifier must be made compatible to the DC level required at the FM input of the waveform generator (pin 8, 0.8V+). The simplest solution here is to provide a voltage divider to V+ (R₁, R₂ as shown) if the amplifier has a lower output level, or to ground if its level is higher. The divider can be made part of the low-pass filter.

This application not only provides for a free-running frequency with very low temperature drift, but is also has the unique feature of producing a large reconstituted sinewave signal with a frequency identical to that at the input.

For further information, see Harris Application Note AN013, "Everything You Always Wanted to Know About the ICL8038".

Definition of Terms

Supply Voltage (V_{SUPPLY}). The total supply voltage from $V+$ to $V-$.

Supply Current. The supply current required from the power supply to operate the device, excluding load currents and the currents through R_A and R_B .

Frequency Range. The frequency range at the square wave output through which circuit operation is guaranteed.

Sweep FM Range. The ratio of maximum frequency to minimum frequency which can be obtained by applying a sweep voltage to pin 8. For correct operation, the sweep voltage should be within the range:

$$(\frac{2}{3} V_{SUPPLY} + 2V) < V_{SWEEP} < V_{SUPPLY}$$

FM Linearity. The percentage deviation from the best fit straight line on the control voltage versus output frequency curve.

Output Amplitude. The peak-to-peak signal amplitude appearing at the outputs.

Saturation Voltage. The output voltage at the collector of Q_{23} when this transistor is turned on. It is measured for a sink current of 2mA.

Rise and Fall Times. The time required for the square wave output to change from 10% to 90%, or 90% to 10%, of its final value.

Triangle Waveform Linearity. The percentage deviation from the best fit straight line on the rising and falling triangle waveform.

Total Harmonic Distortion. The total harmonic distortion at the sine wave output.

Typical Performance Curves

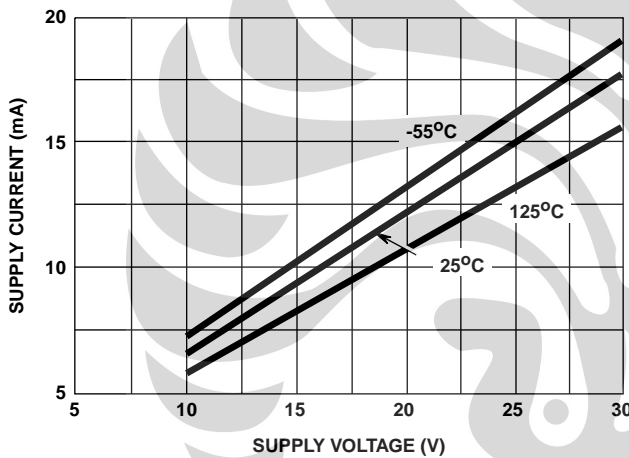


FIGURE 11. SUPPLY CURRENT vs SUPPLY VOLTAGE

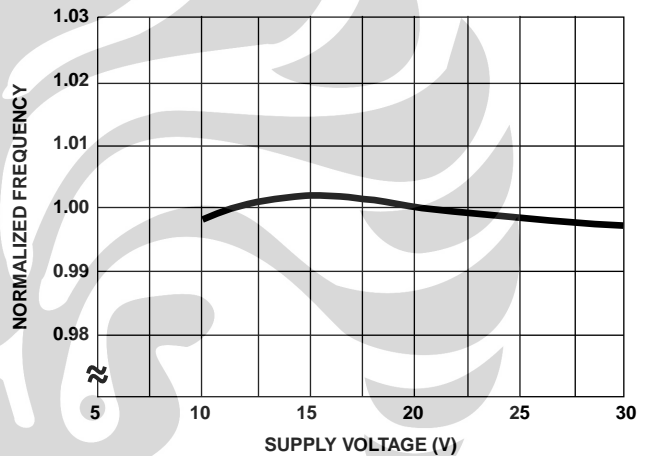


FIGURE 12. FREQUENCY vs SUPPLY VOLTAGE

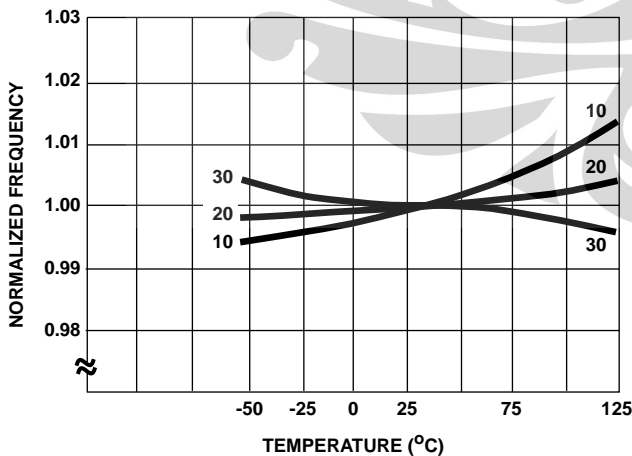


FIGURE 13. FREQUENCY vs TEMPERATURE

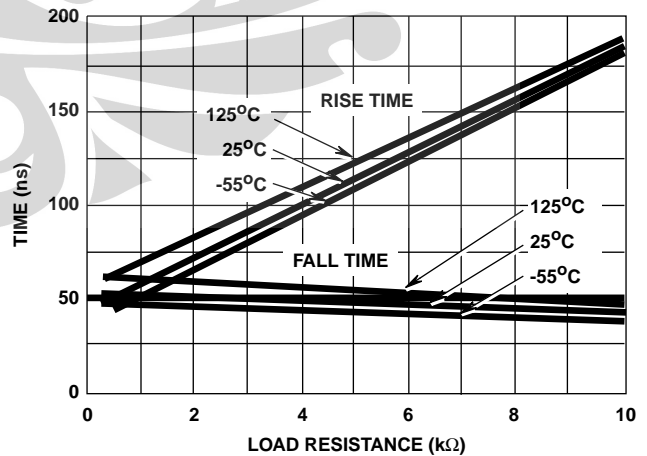


FIGURE 14. SQUARE WAVE OUTPUT RISE/FALL TIME vs LOAD RESISTANCE

Typical Performance Curves (Continued)

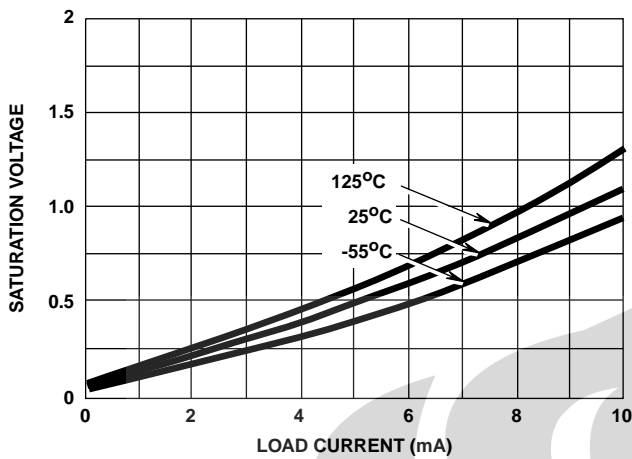


FIGURE 15. SQUARE WAVE SATURATION VOLTAGE vs LOAD CURRENT

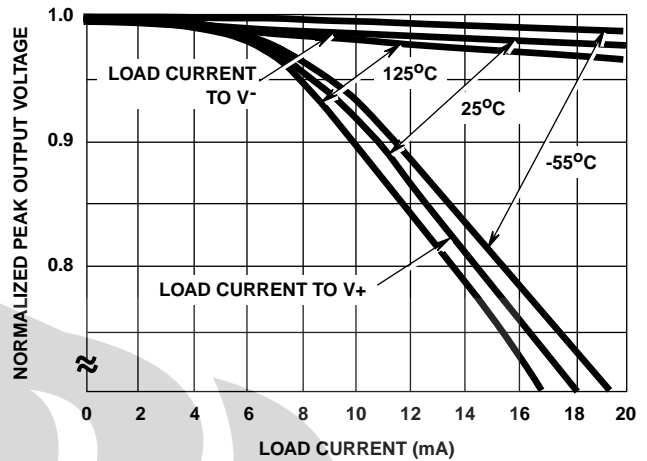


FIGURE 16. TRIANGLE WAVE OUTPUT VOLTAGE vs LOAD CURRENT

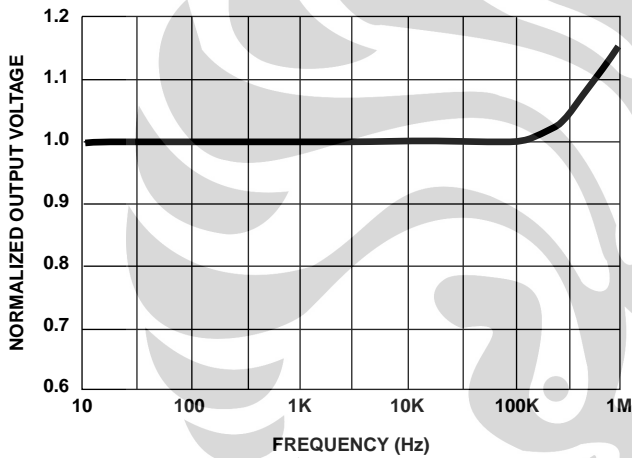


FIGURE 17. TRIANGLE WAVE OUTPUT VOLTAGE vs FREQUENCY

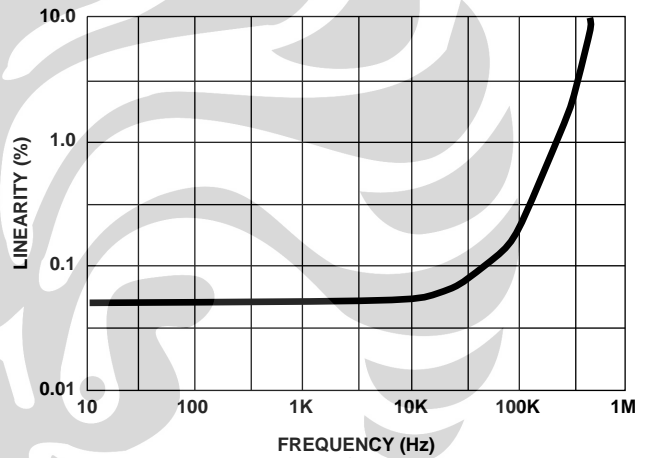


FIGURE 18. TRIANGLE WAVE LINEARITY vs FREQUENCY

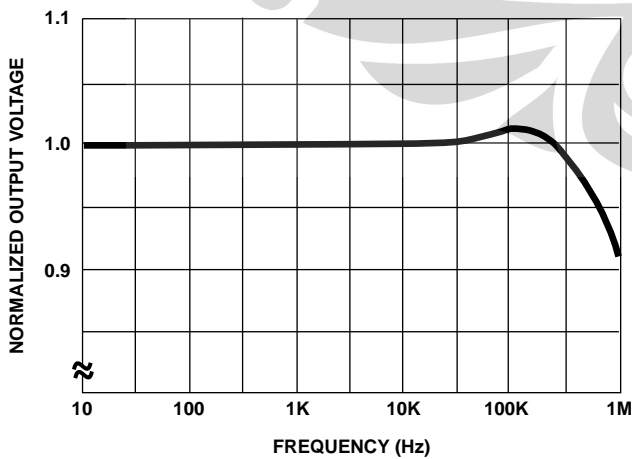


FIGURE 19. SINE WAVE OUTPUT VOLTAGE vs FREQUENCY

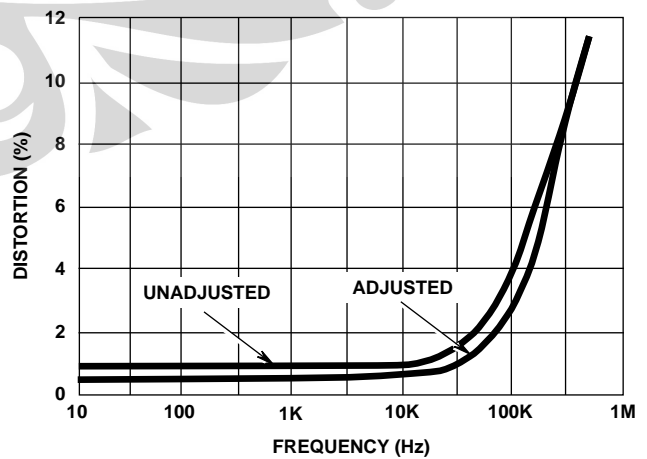


FIGURE 20. SINE WAVE DISTORTION vs FREQUENCY



HUMIDITY SENSORS: TYPE HS12P, HS15P

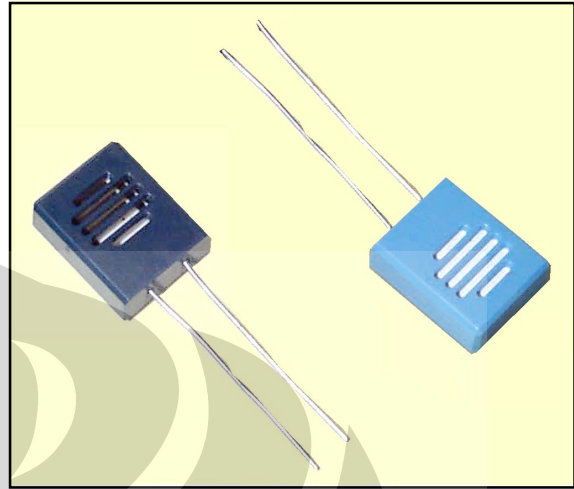
RELATIVE HUMIDITY SENSOR

DESCRIPTION:

Non-refresh type humidity sensor made of polymer.

FEATURES:

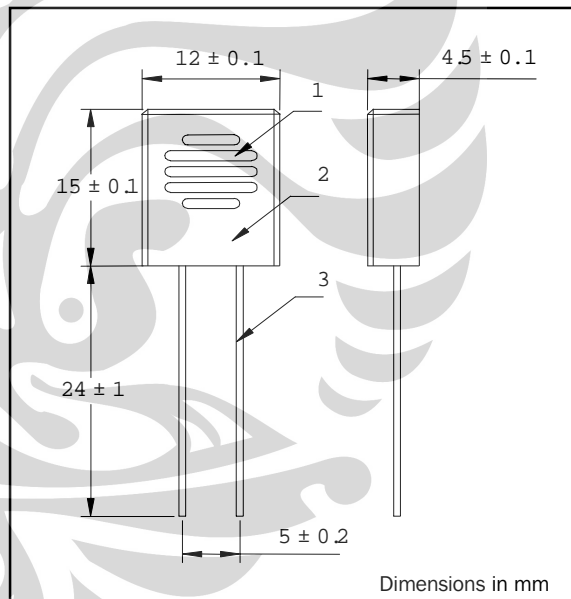
- Good long term reliability
- Cost effective performance
- HS15P water resistive
- Typical applications include humidity monitors, humidity controllers, air conditioners, humidifiers, dehumidifiers, automatic ventilation



DATA:

CODE	HS12P	HS15P
Operating Temperature	0 to 50°C	
Operating Humidity	20 to 90% RH (without condensing)	20 to 100% RH
Impedance at 25°C 50% RH	60 k ohm +/- 30 k ohm (+/- 5% RH)	
Rated Voltage	A.C. 1 V rms	
Rated Frequency	50 Hz to 1 kHz	
Consumption Power	0.3 mW	

DIMENSIONS:



CODING:

HS12P: quick response type
HS15P: water resistant type

WARNING:

Use only within the specified limits.
Do not disassemble and change any parts.
Do not apply DC voltage or DC bias.
Do not immerse into water or any solution.

1. Filter
2. Case ABS: Dark blue (HS12P)
..... Light blue (HS15P)
3. Lead wire Sn-Pb plated Cu
..... Diameter: 0.6mm

Data sheet D-HS12/15P-1

Crown Industrial Estate, Priorswood Rd
Taunton, Somerset TA2 8QY UK
Tel +44 (0)1823 335200
Fax +44 (0)1823 332637

808 US Highway 1
Edison, New Jersey 08817-4695 USA
Tel +1 (732) 287 2870
Fax +1 (732) 287 8847

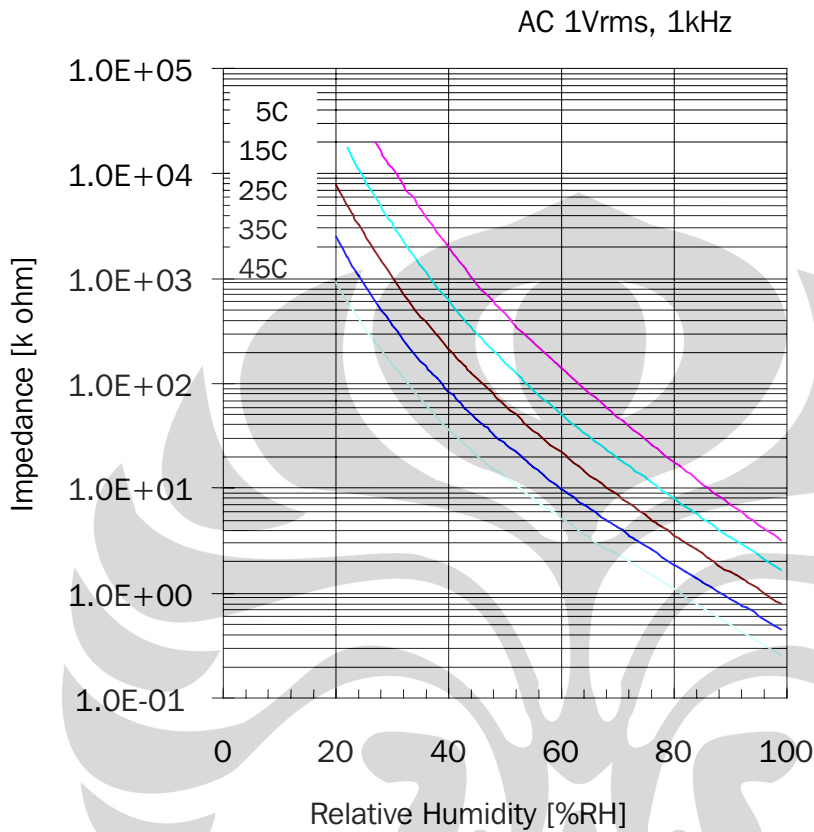
967 Windfall Road
St Marys, Pennsylvania 15857-3397 USA
Tel +1 (814) 834 9140
Fax +1 (814) 781 7969



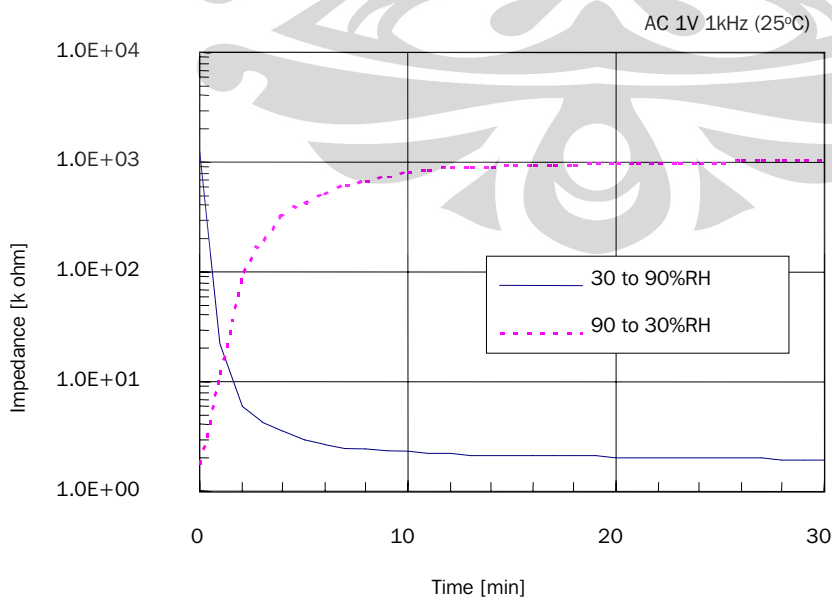
HUMIDITY SENSORS: TYPE HS12P, HS15P

RELATIVE HUMIDITY SENSOR

TYPICAL HUMIDITY CURVE:



TYPICAL RESPONSE CURVE:



Data sheet D-HS12/15P-1

Crown Industrial Estate, Priorswood Rd
Taunton, Somerset TA2 8QY UK
Tel +44 (0)1823 335200
Fax +44 (0)1823 332637

808 US Highway 1
Edison, New Jersey 08817-4695 USA
Tel +1 (732) 287 2870
Fax +1 (732) 287 8847

967 Windfall Road
St Marys, Pennsylvania 15857-3397 USA
Tel +1 (814) 834 9140
Fax +1 (814) 781 7969