

**PENGARAH SEL SURYA  
MENURUT  
KEDUDUKAN MATAHARI**



**TUGAS AKHIR**

Disusun oleh

**MUSONI**

**Nomor Pokok : 011910066**

**NIRM : 913206710250062**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA  
SERPONG  
1998**

HALAMAN PENGESAHAN

INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

PENGARAH SEL SURYA MENURUT  
KEDUDUKAN MATAHARI

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama Mahasiswa : MUSONI  
Nomor Pokok : 011910066  
NIRM : 913206710250062

Tugas Akhir diajukan untuk Memenuhi  
Persyaratan Kurikulum Sarjana Srata Satu ( S - 1 )  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Indonesia  
Serpong

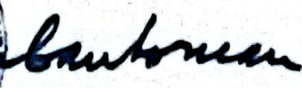
Disetujui Oleh :



Ir. Sutisno Msc. MSTS  
Dosen Pembimbing

Diketahui Oleh :



  
Ing. Th. Lumbantoruan  
Ketua Jurusan Teknik Elektro

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena rahmat dan hidayah-Nya penulisan makalah tugas akhir ini dapat diselesaikan.

Makalah tugas akhir ini disusun sebagai persyaratan dalam memenuhi kurikulum program studi strata satu (S-1) jurusan teknik elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Indonesia.

Dengan selesainya penulisan makalah tugas akhir ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Keluarga tercinta, Ibu, Bapak serta adik-adik yang telah memberikan dukungan do'a, moril dan materiil hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.
2. Bapak Ir. Sutisno M.sc. MSTs., sebagai dosen pembimbing seminar dan tugas akhir yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran serta saran yang berharga.
3. Bapak Dipl. Ing. Th Lumbantoruan, sebagai ketua jurusan teknik elektro Institut Teknologi Indonesia.
4. Ibu DR. Ir. Fatimah Z.S.P, sebagai koordinator seminar dan tugas akhir pada jurusan elektro Institut Teknologi Indonesia.
5. Bapak Drs. Ir. Soegianto, sebagai ketua peminatan pengaturan industri pada jurusan teknik elektro Institut Teknologi Indonesia.
6. Heddy K, Yenky, Dana serta teman-teman semua yang tidak dapat disebutkan satu-persatu yang telah banyak membantu dalam penulisan dan penyusunan makalah tugas akhir ini



Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan dan penyusunan makalah tugas akhir ini, oleh sebab itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun untuk kesempurnaan makalah tugas akhir ini.

Demikianlah yang dapat penulis sampaikan, semoga makalah tugas akhir ini dapat bermanfaat dan dapat dijadikan sebagai bahan perbandingan bagi yang membutuhkan. Terima kasih.

Serpong, Maret 1998

Penulis,



## ABSTRAK

Pada tugas akhir ini, dirancang peralatan untuk mengikuti arah matahari. Rangkaian ini antara lain dapat digunakan pada pembangkit listrik tenaga matahari. Dengan mengikuti arah matahari, maka sel surya akan mendapat sinar matahari dengan intensitas maksimal.

Sistem kerja dari alat ini adalah membandingkan intensitas radiasi cahaya matahari yang diterima kedua dioda foto sebagai sensor, yang ditempatkan di kedua sisi panel surya. Kedua dioda foto tersebut akan mengubah cahaya tersebut menjadi tegangan, yang kemudian dikuatkan oleh masing masing OP-AMP. Setelah dikuatkan, tegangan tersebut akan dibandingkan untuk mendapatkan selisih tegangan. Selisih tegangan akan dikuatkan lagi oleh penguat penyangga yang akan digunakan untuk menggerakkan motor. Arah pergerakan motor sesuai dengan tegangan yang dihasilkan oleh penguat selisih tegangan. Apabila selisih dari kedua tegangan yang dibandingkan sama dengan nol maka motor berhenti. Berarti intensitas yang diterima kedua sensornya sama besar. Selama intensitas cahaya yang diterima kedua sensor tersebut tidak sama motor akan bergerak untuk mendapatkan intensitas yang sama, jika motor berhenti berarti kedua sensornya telah mendapat intensitas cahaya yang sama.

# DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii

## **BAB I. PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan .....	2
1.3. Permasalahan .....	3
1.4. Pembatasan Masalah .....	3
1.5. Sistematika Penulisan .....	4

## **BAB II. LANDASAN TEORI**

2.1. Motor DC .....	6
2.2. Penguat Operasional .....	9
2.2.1. Op-Amp Sebagai Pembanding .....	11
2.3. Dioda Foto .....	12
2.4. Pengendali Proporsional .....	14
2.5. Fungsi Alih Lingkaran Tertutup .....	14
2.6. Kesalahan Keadaan Tunak .....	16

2.7. Kestabilan .....	17
2.7.1. Kriteria Kestabilan Routh .....	18

### **BAB III. PERANCANGAN SISTEM PENGARAH SEL SURYA**

3.1. Diagram Blok .....	21
3.1.1. Kerja Sistem .....	23
3.2. Penguat Mula .....	24
3.3. Tapis Lolos Bawah .....	25
3.4. Penguat Selisih Tegangan .....	28
3.5. Rangkaian Penyangga .....	29
3.6. Komplemen Amplifier .....	31
3.7. Pengaturan Motor .....	33

### **BAB IV. ANALISA KESTABILAN SISTEM**

4.1. Pendahuluan .....	38
4.2. Fungsi alih Lingkar Tertutup .....	39
4.3. Kestabilan Sistem .....	40
4.4. Kesalahan Keadaan Tunak .....	41

### **BAB V. KESIMPULAN .....**

43

### **DAFTAR PUSTAKA .....**

44

### **FOTO ALAT**

### **LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Hukum Biot-Savart .....	7
Gambar 2.2.	Hubungan arus dengan intensitas medan magnet .....	8
Gambar 2.3.	Rangkaian motor arus searah .....	9
Gambar 2.4.a	Penguat operasional dasar .....	10
Gambar 2.4.b	Rangkaian ekuivalen dari penguat operasional .....	10
Gambar 2.5.	Pemberian input offset .....	11
Gambar 2.6.	Op-Amp sebagai pembanding .....	12
Gambar 2.7.	Dioda foto .....	12
Gambar 2.8.	Karakteristik dioda foto .....	13
Gambar 2.9.	Diagram blok kendali proporsional .....	14
Gambar 2.10	Sistem pengaturan lingkaran tertutup .....	15
Gambar 3.1.	Diagram blok keseluruhan .....	21
Gambar 3.2.	Penguat dioda foto .....	24
Gambar 3.3.	Rangkaian dasar tapis lolos bawah .....	26
Gambar 3.4.	Kurva tanggapan frekwensi tapis lolos bawah .....	27
Gambar 3.5.	Rangkaian penguat selisih tegangan .....	28
Gambar 3.6.	Rangkaian penyangga .....	30
Gambar 3.7.	Rangkaian komplemen amplififier .....	31
Gambar 3.8.	Diagram skematik motor arus searah dengan pengontrolan jangkar .....	35

Gambar 3.9.	Diagram blok motor DC arus searah dengan pengontrolan jangkar .....	36
Gambar 4.1.	Diagram blok keseluruhan sistem .....	38



## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Hasil pengukuran dan percobaan sistem pada setiap blok .....	32
---	----



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Energi yang dipancarkan oleh matahari merupakan sumber daya alam yang sangat besar dan melimpah dipermukaan bumi. Sebagai gambaran tiap tahun energi matahari yang menerpa bumi ekuivalen dengan  $2 \times 10^{14}$  ton batubara. Sedangkan simpanan total batubara dunia sekitar  $5 \times 10^{12}$  ton atau sekitar 4% dari energi matahari tahunan.

Beberapa macam usaha pemanfaatan energi matahari yang ada antara lain, sistem pembuatan garam, penyulingan pemanas air, pengawet makanan, pengering produk-produk pertanian, pembangkit tenaga listrik dan lain sebagainya.

Dengan demikian pemanfaatan energi matahari, akan dapat mengambil peranan yang cukup penting dan semakin mantap. Terbukti dari semakin besarnya perhatian yang diberikan baik dari para ahli, para pengambil keputusan maupun masyarakat luas. Lebih-lebih

setelah dampak yang diakibatkan oleh kenaikan harga bahan bakar minyak yang berulang-ulang dalam tahun-tahun belakangan ini.

Agar pemanfaatan energi matahari menjadi optimal, maka dibutuhkan sistem pengubah energi matahari yang dapat bekerja secara efisien. Usaha ini dapat dilakukan dengan cara mengikuti peredaran matahari dari timur ke barat selama siang hari, sedemikian hingga pancaran energinya dapat diserap semaksimal mungkin oleh alat penadah energi matahari.

Sejalan dengan perkembangan teknologi maka proses otomatisasi menjadi hal yang tidak sulit diwujudkan. Dengan alat pengarah sel surya menurut kedudukan matahari yang bekerja secara otomatis, diharapkan pancaran energi matahari yang tiba pada alat penadahnya tidak banyak hilang oleh adanya gejala pemantulan radiasi matahari pada permukaan penadah tersebut.

## **1.2. Tujuan**

Tujuan utama yang diinginkan oleh sistem pengarah sel surya menurut kedudukan matahari adalah mencapai posisi-posisi permukaan panel alat penelusuran yang selalu mengarah kepermukaan matahari sedemikian rupa sehingga pemanfaatan energi cahaya matahari dapat dicapai secara optimal. Ini dikarenakan pada posisi tersebut sebagian besar cahaya matahari dapat diserap oleh pengubah energi matahari.



### **1.3. Permasalahan**

Dalam sistem penelusuran jejak matahari ini digunakan komponen yang dapat mendeteksi adanya intensitas cahaya matahari. Sistem penelusuran jejak matahari ini dimaksudkan untuk menerima radiasi cahaya matahari sebanyak-banyaknya. Dengan demikian pemanfaatan energi cahaya matahari akan menjadi optimal.

Pada dasarnya sistem penelusuran jejak matahari berusaha mengurangi gejala pemantulan yang terjadi dengan cara berusaha menghadapkan permukaan panel alat penelusuran jejak tersebut tegak lurus terhadap arah datang cahaya. Hal ini karena terdapat hubungan antara sudut datang cahaya dengan persentase cahaya yang dipantulkan.

### **1.4. Pembatasan Masalah**

Pembahasan dimulai dari cara kerja pengendalian motor DC sampai dengan satu contoh implementasi rangkaian elektroniknya dengan menggunakan dioda foto sebagai komponen pengendali atau sensor. Pembahasan sifat-sifat cahaya serta gejala-gejala yang ditimbulkannya beserta karakteristik radiasi matahari tidak dibahas dalam tugas akhir ini. Dan untuk penganalisaan kestabilan digunakan metode kestabilan Routh.



## **1.5. Sistematika Penulisan**

Dalam penyusunan tugas akhir ini sistematika penulisan terdiri atas :

### **BAB I      Pendahuluan**

Menggambarkan secara garis besar mengenai apa yang ditulis dan dijabarkan dalam tulisan ini yang meliputi latar belakang, tujuan, permasalahan, pembatasan masalah dan sistematika penulisan.

### **BAB II     Landasan teori**

Memuat penjelasan-penjelasan singkat mengenai motor DC, dioda foto, serta prinsip kerja OP-AMP. Pengantar teknik kontrol, memuat penjelasan singkat tentang pengendali proporsional, fungsi alih lingkaran tertutup, kesalahan keadaan tunak, serta pembahasan tentang kestabilan.

### **BAB III    Perancangan Sistem Pengarah Sel Surya**

Perancangan sistem pengarah sel surya menurut kedudukan matahari menggunakan motor DC dan komponen-komponen yang menunjang rangkaian tersebut.

### **BAB IV     Analisa Kestabilan Sistem**

Menganalisa sistem pengarah sel surya untuk menentukan kestabilan mutlak sistem dan kesalahan keadaan tunak.

## **BAB V    Kesimpulan**

Kesimpulan sebagai penutup makalah tugas akhir. Kesimpulan disini mengenai hal-hal penting yang terdapat pada alat pengarah sel surya menurut kedudukan matahari menggunakan motor DC.

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. Motor DC

Motor listrik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Prinsip dasar motor adalah interaksi antara arus listrik dan medan magnet yang dinyatakan oleh hukum Biot-Savart.

$$\overline{dF} = I \overline{dl} \times \overline{B} \quad (2.1)$$

Dengan :

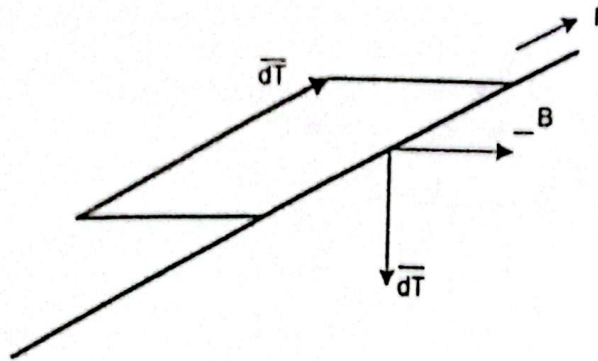
$I$  = Arus (ampere).

$dl$  = Komponen vektor dari penghantar dengan arah vektor searah dengan arah arus (meter).

$B$  = Intensitas medan magnet induksi (weber/meter<sup>2</sup>).

$dF$  = Komponen vektor gaya hasil interaksi (newton).





Gambar 2.1. Hukum Biot-Savart.

Untuk konduktor yang lurus rumus tersebut dapat disederhanakan menjadi.

$$F = B I L \sin \alpha \quad (2.2)$$

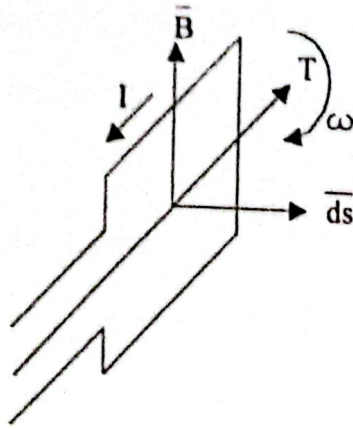
Dengan :  $\alpha$  = Sudut antara B dengan I.

Dan arah gaya dapat ditentukan oleh hukum tangan kiri Flemming. Dimana arah fluks ditunjukkan oleh jari telunjuk, arah arus oleh jari tengah maka arah gaya ditunjukkan dengan ibu jari. Jika penghantar arus berbentuk loop maka gaya yang ditimbulkan berbentuk moment yang besarnya.

$$\overline{dT} = I \overline{ds} \times \overline{B} \quad (2.3)$$

Dan jika intensitas B konstan (uniform) dipermukaan s dan loop berbentuk bidang datar maka rumus diatas dapat disederhanakan menjadi.

$$\overline{T} = I \overline{s} \times \overline{B}$$



Gambar 2.2. Hubungan arus dengan intensitas medan magnet.

Dengan :

$T$  = vektor momen

$I$  = arus

$S$  = vektor luas

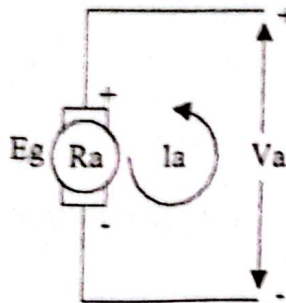
$B$  = intensitas medan magnet

Arus listrik pada motor ditimbulkan akibat tegangan masukan, sedangkan medan magnet dapat merupakan medan magnet permanen, medan magnet buatan atau medan magnet induksi. Medan magnet permanen dan buatan dipakai dalam mesin arus searah dan motor serempak (sinkron), sedangkan medan magnet induksi dipakai pada motor induksi atau motor tak serempak (asinkron).

Pada saat motor berputar terdapat penghantar yang memotong atau terpotong medan magnet sehingga timbul tegangan induksi yang disebut GGL induksi dan biasa dinotasikan  $E$  dan  $E_g$ . Mesin arus searah yang bekerja sebagai motor dapat dikatakan sebagai :

1. Momen elektro magnetik yang ditimbulkan akan menghasilkan putaran.
2. Tegangan yang dibangkitkan pada penghantar rotor GGL induksi bersifat melawan arus jangkar.
3. Tegangan lawan itu besarnya :

$$E_g = V_a - I_a R_a \quad (2.4)$$



Gambar 2.3. Rangkaian motor arus searah.

## 2.2. Penguat Operasional

Penguat operasional atau yang sering disebut dengan OP-AMP adalah suatu penguat gandengan langsung dari bati tinggi yang dilengkapi dengan umpan balik untuk mengendalikan karakteristik tanggapannya secara menyeluruh. Rangkaian ini dipakai untuk melaksanakan aneka fungsi linier yang luas jenisnya (Juga beberapa fungsi non-linier) dan seringkali disebut sebagai *rangkaian terpadu linier analog* yang paling dasar.

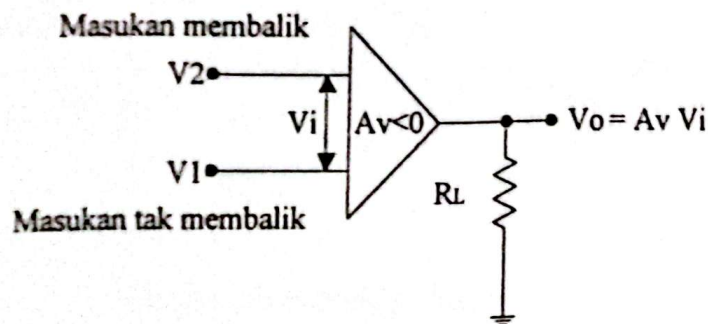
Diagram iktisar dari OP-AMP diperlihatkan pada Gambar 2.4(a) serta rangkaian ekivalennya pada Gambar 2.4(b). Sejumlah penguat operasional mempunyai masukan differensial dengan dua terminal, tegangan masukan  $V_1$  dan  $V_2$  disalurkan masing-masing kepada terminal membalik (inverting) dan terminal tak membalik (non-inverting). Suatu penguat berujung tunggal dapat dipandang sebagai



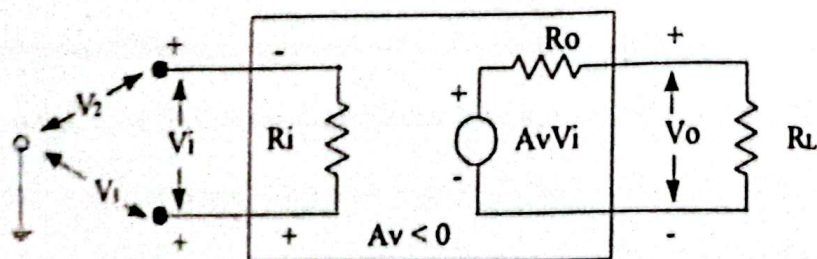
kasus khusus dengan salah satu terminal masukannya ditanahkan. Hampir semua OP-AMP mempunyai satu terminal keluaran

Suatu OP-AMP ideal memiliki karakteristik-karakteristik sebagai berikut :

1. Hambatan masukan,  $R_i = \infty$
2. Hambatan keluaran,  $R_o = 0$
3. Bati-tegangan,  $A_v = - \infty$
4. Lebar pita =  $\infty$
5. Keseimbangan sempurna  $V_o = 0$  apabila  $V_1 = V_2$
6. Karakteristik tidak berubah terhadap suhu.



(a)

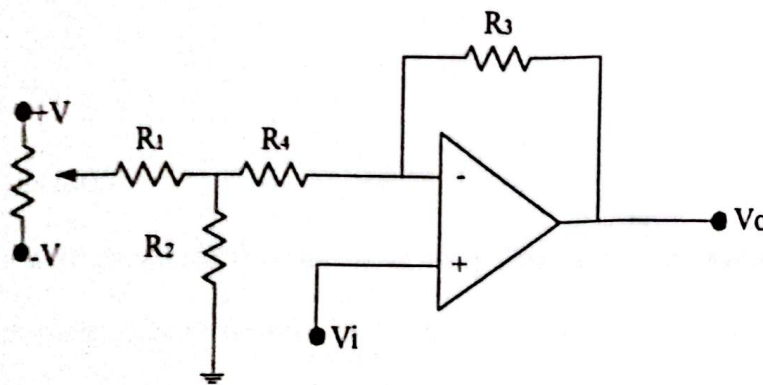


(b)

Gambar 2.4. (a) Penguat Operasional Dasar.

(b) Rangkaian Ekuivalen dari Penguat Operasional.

Apabila kita perhatikan OP-AMP ideal yang ditunjukkan pada gambar diatas maka OP-AMP tersebut benar-benar seimbang, jika  $V_1 = V_2$  maka  $V_{out} = 0$ . Tetapi dalam kenyataanya tidaklah demikian, selalu terjadi ketidakseimbangan yang disebabkan oleh ketidak sesuaianya transistor-transistor input. Ketidak sesuaian ini menyebabkan kesalahan tegangan dan arus DC pada bagian input dan juga output. Separti tidak samanya arus catu yang mengalir kemasing-masing terminal input, sehingga dibutuhkan tegangan input-offset untuk menyeimbangkan output rangkaian tersebut. Pada gambar dibawah ditunjukkan cara pemberian input-offset.



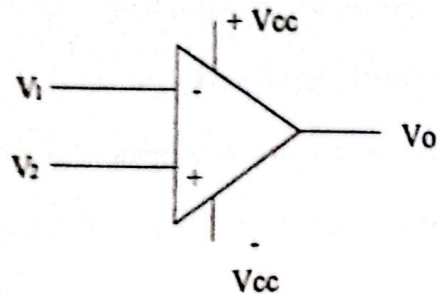
Gambar 2.5. Pemberian input offset.

### 2.2.1. Op-Amp Sebagai Pembanding

Jika suatu tegangan akan dibandingkan dengan tagangan yang lain, ingin dicari manakah yang lebih besar antara keduanya maka digunakan pembanding.

Bila tegangan masukan bukan-pembalik ( $V_2$ ) lebih besar dari masukan masukan pembalik ( $V_1$ ), pembanding akan menghasilkan tegangan keluaran positif demikian pula sebaliknya untuk tegangan masukan bukan-pembalik ( $V_2$ ) lebih kecil dari masukan pembalik ( $V_1$ ), pembanding akan menghasilkan tegangan keluaran

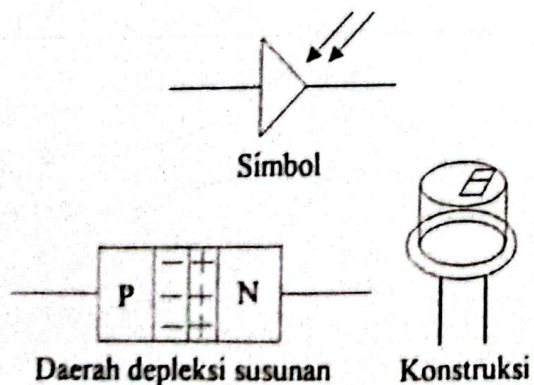
negatif. Rangkaian dasar dari sebuah Op-Amp pembanding diperlihatkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Op-Amp sebagai pembanding.

### 2.3. Dioda foto

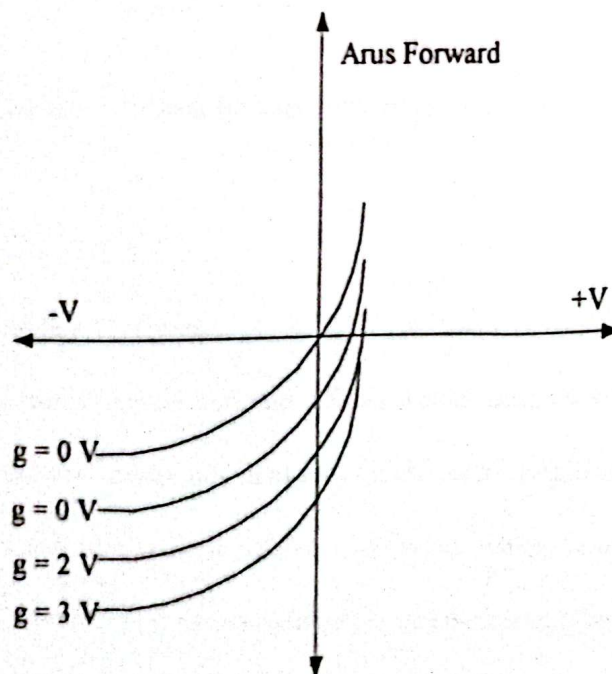
Dioda photo adalah suatu dioda yang dirancang untuk beroperasi dengan tegangan muka terbalik (reverse-bias). Dioda ini biasanya terbungkus oleh kaca. Simbol dan konstruksi dari dioda foto dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. dioda foto.



Besarnya arus reverse tergantung dari temperatur dan intensitas cahaya yang datang pada daerah pengosongan (depletion layer). Daerah pengosongan adalah daerah dimana terjadi perpindahan muatan antara dua lapisan semi-konduktor P-N, seperti terlihat pada gambar. Berkas cahaya yang datang pada dioda tersebut akan ikut menentukan besarnya arus reverse sehingga memungkinkan lepasnya ikatan antara elektron-elektron valensi dengan intinya. Kejadian tersebut akan membentuk pasangan elektron bebas dan hole yang baru karena itu arus reverse ini sangat kecil hanya beberapa mikro-ampere ( $\mu\text{A}$ ) saja tetapi hal ini cukup dimanfaatkan untuk beberapa keperluan. Karena itu dioda photo yang berada dalam keadaan reverse dapat dianggap sebagai suatu sumber arus yang dikontrol oleh intensitas cahaya yang datang padanya. Karakteristik dioda photo dapat dilihat pada Gambar 2.8. Gambar tersebut menunjukkan beberapa lengkungan karakteristik  $I/V$  pada saat diberikan reverse bias.



Gambar 2.8 Karakteristik dioda foto.

## 2.4. Pengendali Proporsional

Kendali proporsional pada dasarnya merupakan penguat dengan penguatan yang dapat diatur. Untuk pengendali dengan aksi kendali proporsional hubungan antara keluaran kendali  $m(t)$  dan sinyal kesalahan penggerak  $e(t)$  adalah :

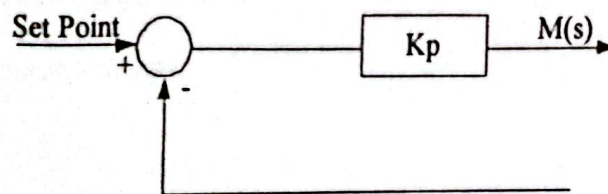
$$m(t) = K_p \cdot e(t) \quad (2.5)$$

atau dalam besaran transformasi Laplace

$$\frac{M(t)}{E(t)} = K_p \quad (2.6)$$

Dimana  $K_p$  adalah kepekaan proporsional atau penguatan.

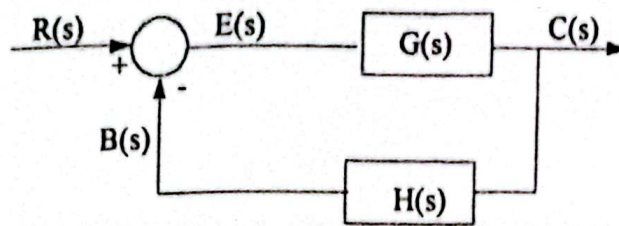
diagram blok kendali proporsional ditunjukkan pada Gambar (2-9):



Gambar 2.9. Diagram blok kendali proporsional.

## 2.5. Fungsi Alih Lingkaran Tertutup

Sistem pengaturan lingkaran tertutup adalah sistem pengaturan yang sinyal keluarannya mempunyai pengaruh langsung pada aksi pengaturan. Dengan menganggap fungsi alih umpan balik adalah satu, maka sistem yang ditunjukkan pada Gambar 2.10., keluaran  $C(s)$  dan masukan  $R(s)$  direalisasikan sebagai berikut :



Gambar 2.10. sistem pengaturan lingkaran tertutup.

Pada gambar 2.10. diatas sinyal lintasan balik yang dilintas balikkan ketitik penjumlahan untuk dibandingkan dengan sinyal masukan adalah  $B(s) = H(s)C(s)$ . Perbandingan antara sinyal lintasan balik  $B(s)$  dengan sinyal kesalahan penggerak  $E(s)$  disebut fungsi alih lingkaran terbuka.

Fungsi alih lingkaran terbuka :

$$\frac{B(s)}{E(s)} = G(s)H(s)$$

Perbandingan antara keluaran  $C(s)$  dengan sinyal kesalahan penggerak  $E(s)$  disebut fungsi alih lintasan maju.

Fungsi alih lintasan maju :

$$\frac{C(s)}{E(s)} = G(s)$$

Fungsi alih lingkaran tertutup :

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)} \quad (2.7)$$



Untuk mendapatkan  $C(s)$

$$C(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)} R(s)$$

Dari persamaan (2.7.) diketahui bahwa keluaran sistem lingkaran tertutup bergantung pada fungsi alih lingkaran tertutup dan sifat dari masukan.

## 2.6. Kesalahan Keadaan Tunak

Fungsi alih lingkaran tertutup sistem pada Gambar 2.10. dinyatakan dengan formula:

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

Fungsi alih antara sinyal kesalahan penggerak  $e(t)$  dan sinyal masukan  $r(t)$  adalah :

$$\frac{E(s)}{R(s)} = 1 - \frac{C(s)H(s)}{R(s)} = \frac{1}{1 + G(s)H(s)}$$

dengan sinyal kesalahan penggerak  $e(t)$  adalah selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik.

Untuk mendapatkan performansi keadaan tunak sistem stabil yaitu :

$$E(s) = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)} R(s)$$

maka sinyal kesalahan penggerak keadaan tunaknya adalah:

$$e_{ss} = \lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s R(s)}{1 + G(s)H(s)} \quad (2.8)$$

## 2.7. Kestabilan

Kestabilan merupakan karakteristik yang sangat penting dalam pembuatan sistem kontrol. Hal ini merupakan persyaratan utama. Dalam mendesain sistem kontrol kita harus mampu memperkirakan perilaku dinamik sistem dengan mengetahui komponen-komponen sistem. Karakteristik perilaku dinamik sistem kontrol yang paling penting adalah kestabilan mutlak yang mencirikan bahwa sistem *stabil* atau *tidak stabil*.

Sistem stabil jika dan hanya jika semua pole lingkaran tertutup terletak di sebelah kiri sumbu khayal bidang  $s$ . Sebagian besar lingkaran tertutup linier mempunyai fungsi alih lingkaran tertutup dalam bentuk :

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{b_0 s^m + b_1 s^{m-1} + \dots + b_{m-1} s + b_m}{a_0 s^n + a_1 s^{n-1} + \dots + a_{n-1} s + a_n} = \frac{B(s)}{A(s)}$$

dengan  $a$  dan  $b$  adalah konstanta dan  $m \leq n$ .

Untuk mencari pole-pole lingkaran tertutup harus menguraikan polinomial  $A(s)$  atas faktor-faktornya.

Untuk mencari kestabilan suatu sistem terdapat beberapa cara :

1. Metode tempat kedudukan akar (*Root locus*).
2. Diagram *Bode*.
3. Kriteria kestabilan *Nyquist*.
4. Kriteria kestabilan *Routh*.

Untuk menganalisa kestabilan pada sistem ini digunakan kriteria kestabilan *Routh*.



### 2.7.1. Kriteria Kestabilan Routh.

Kriteria kestabilan Routh menjelaskan ada atau tidak ada akar-akar positif pada persamaan polinomial, tanpa menyelesaikan persamaan tersebut. Kriteria ini hanya dapat diterapkan dengan jumlah terhingga suku-suku. Jika kriteria ini digunakan pada suatu sistem kontrol, maka informasi mengenai kestabilan mutlak dapat diperoleh secara langsung dari koefisien-koefisien persamaan karakteristik.

Langkah-langkah dalam kriteria kestabilan Routh adalah sebagai berikut :

1. Dengan menulis polinomial dalam  $s$  sesuai dengan bentuk :

$$a_0s^n + a_1s^{n-1} + \dots + a_{n-1}s + a_n = 0. \quad (2.9.)$$

dengan koefisien-koefisien tersebut adalah besaran nyata,  $a_n \neq 0$  sehingga tidak ada akar nol.

2. Untuk sistem stabil, semua koefisien dari persamaan (2.9.) harus ada dan bertanda positif. Jika semua koefisien ini bertanda negatif maka koefisien-koefisien ini dapat dibuat positif dengan mengalikan kedua ruas persamaan tersebut dengan  $-1$ .
3. Jika semua koefisien berharga positif, maka koefisien polinomial disusun dalam baris dan kolom seperti dibawah ini :

$s^n$	$a_0$	$a_2$	$a_4$	$a_6$	.	.	.	.
$s^{n-1}$	$a_1$	$a_3$	$a_5$	$a_7$	.	.	.	.
$s^{n-2}$	$b_1$	$b_2$	$b_3$	$b_4$	.	.	.	.
$s^{n-3}$	$c_1$	$c_2$	$c_3$	$c_4$	.	.	.	.
$s^{n-4}$	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	.	.	.	.



$$\begin{array}{l}
 S^2 \quad e_1 \quad e_2 \\
 S^1 \quad f_1 \\
 S^0 \quad g_1
 \end{array}$$

Koefisien-koefisien  $b_1, b_2, b_3$  dan seterusnya dihitung sebagai berikut :

$$b_1 = \frac{a_1 a_2 - a_0 a_3}{a_1}$$

$$b_2 = \frac{a_1 a_4 - a_0 a_5}{a_1}$$

$$b_3 = \frac{a_1 a_6 - a_0 a_7}{a_1}$$

Perhitungan koefisien  $b$  dilanjutkan sampai semua harga  $b$  yang diperoleh sama dengan nol. Koefisien-koefisien  $c, d, e$  dan seterusnya diperoleh dengan cara yang sama.

$$c_1 = \frac{b_1 a_3 - a_1 b_2}{b_1}$$

$$c_2 = \frac{b_1 a_5 - a_1 b_3}{b_1}$$

$$c_3 = \frac{b_1 a_7 - a_1 b_4}{b_1}$$

dan

$$d_1 = \frac{c_1 b_2 - b_1 c_2}{c_1}$$

$$d_2 = \frac{c_1 b_3 - b_1 c_3}{c_1}$$

proses ini berlangsung sampai baris ke  $-n$  diselesaikan. Dalam membuat susunan tersebut, suatu baris dapat dibagi atau dikalikan dengan suatu bilangan positif untuk menyederhanakan perhitungan numerik berikutnya tanpa mengubah kesimpulan kestabilan.

4. Jika suatu kolom pertama pada suatu baris sama dengan nol, tetapi suku-suku berikutnya tidak sama dengan nol atau memang tidak ada suku berikutnya, maka suku tersebut diganti dengan suatu bilangan positif yang sangat kecil dan yang berikutnya digunakan untuk menghitung suku-suku berikutnya.

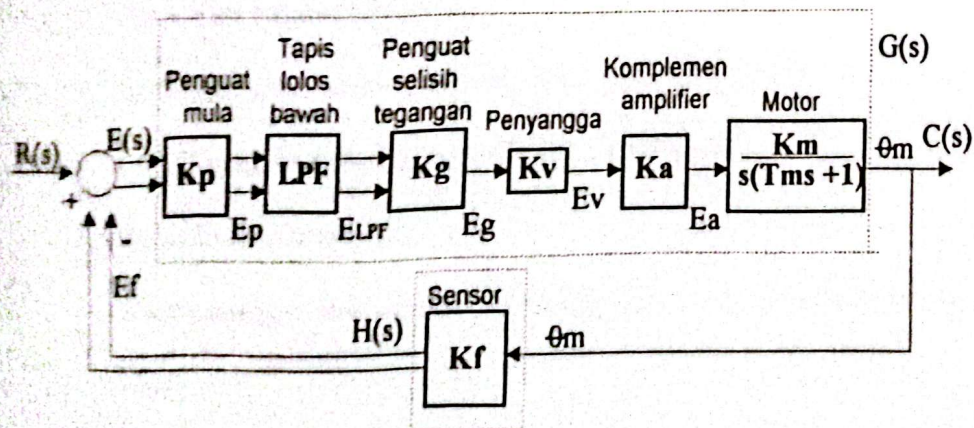
Kriteria kestabilan Routh menyatakan bahwa banyaknya akar-akar dari persamaan (2.9.) yang mempunyai bagian nyata positif sama dengan banyaknya perubahan tanda dari koefisien pada kolom pertama dari susunan tersebut. Sistem dikatakan stabil jika akar-akar persamaan (2.9.) berada disebelah kiri sumbu khayal bidang  $s$ . Semua koefisien persamaan (2.9.) harus bertanda positif dan semua kolom pertama dari dari susunan tersebut harus bertanda positif.

## BAB III

### PERANCANGAN SISTEM PENGARAH SEL SURYA

#### 3.1. Diagram Blok.

Diagram blok dibawah ini ( Gambar 3.1. ) adalah diagram keseluruhan sistem pengarah sel surya untuk memanfaatkan energi matahari agar dapat diterima secara optimal.



Gambar 3.1. Diagram blok keseluruhan.

Dengan fungsi alih :

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}$$



Diagram blok terdiri dari :

- Penguat mula
- Tapis lolos bawah (LPF)
- Penguat selisih tegangan
- Penguat penyangga
- Komplemen amplifier
- Motor
- Sensor dioda foto

Fungsi-fungsi dari setiap blok dijelaskan sebagai berikut :

1. Penguat mula.

Berfungsi menguatkan tegangan yang dihasilkan oleh dioda foto, karena tegangan yang dihasilkan dioda foto masih terlalu kecil.

2. Tapis lolos bawah (LPF).

Berfungsi untuk melewatkan frekwensi yang lebih rendah dari frekwensi cut-off penguat mula dan meredam frekwensi tinggi

3. Penguat selisih tegangan.

Membandingkan dan mencari selisih tegangan yang diberikan dari tapis lolos bawah.

4. Rangkaian penyangga.

Mempunyai fungsi untuk memperkuat tegangan yang akan digunakan untuk menggerakkan motor.

5. Komplemen amplifier.

Untuk menentukan arah putaran motor kekiri dan kekanan atau berhenti

6. Motor.

Berfungsi untuk menggerakkan panel sel surya.

7. Sensor.

Sensor terdiri dari dua buah dioda foto berfungsi menerima radiasi cahaya matahari yang kemudian diubah menjadi tegangan yang merupakan input dari sistem.

### 3.1.1. Kerja Sistem.

Pada keadaan mula-mula sistem stabil, kestabilan sistem ini ditunjukkan dengan tidak bergeraknya panel surya dikarenakan sensor dalam keadaan seimbang karena intensitas cahaya pada kedua dioda foto sama.

Jika kedudukan matahari berubah maka terjadi perbedaan intensitas cahaya yang diterima oleh sensor dioda foto, maka terjadi perbedaan tegangan pada penguat mula untuk kemudian dikuatkan karena tegangan yang dihasilkan dioda foto masih kecil. Kemudian sinyal tersebut dilewatkan pada tapis lolos bawah (LPF). Pada keluaran tapis lolos bawah didapatkan tegangan rata-rata dari input.

sinyal yang dihasilkan dari tapis lolos bawah masuk ke blok penguat selisih tegangan untuk dibandingkan dan akan menghasilkan selisih tegangan. Dimana selisih tegangan ini akan menentukan arah dari putaran motor.

Sinyal yang keluar dari penguat selisih tegangan akan dikuatkan oleh penguat penyangga, dimana penguatan tersebut dapat diubah-ubah untuk mengatur kecepatan putaran motor yang terhubung dengan panel surya.

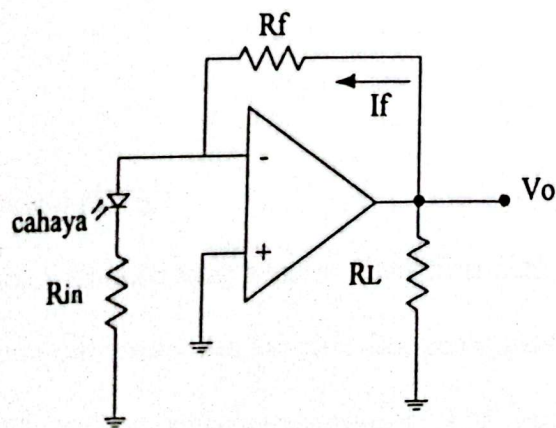
Sinyal keluaran dari penguat penyangga akan menentukan kerja rangkaian komplemen amplifier, apabila sinyal keluaran positif akan memicu transistor NPN

(Q1) untuk menghantarkan catu positif yang diumpankan ke motor sehingga menggerakkan motor kearah positif. Sebaliknya apabila sinyal yang keluar negatif akan memicu transistor PNP (Q2) untuk menghantarkan catu negatif yang diumpankan pada motor sehingga motor bergerak kearah negatif.

Pergerakan motor ini akan menyeimbangkan kembali panel surya untuk mendapatkan intensitas cahaya matahari yang sama pada kedua sensornya sehingga kembali ke keadaan stabil.

### 3.2. Penguat Mula.

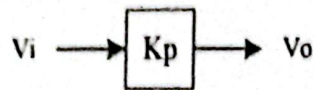
Untuk pengoperasian normal dioda foto harus diberi bias terbalik (Gambar 3.2). Cahaya yang mengenai dioda foto akan menurunkan resistansinya, sehingga menyebabkan tegangan keluaran bertambah dalam arah negatif.



Gambar 3.2. penguat dioda foto.



Hasil pengukuran osiloskop pada blok penguat mula adalah sebagai berikut :



$$V_{in} = 22.5 \text{ mV}$$

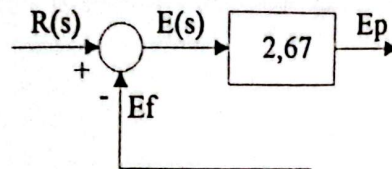
$$V_{out} = 60 \text{ mV}$$

$$f_{in} = 156.3 \text{ Hz}$$

$$f_{out} = 147 \text{ Hz}$$

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{60 \text{ mV}}{22.5 \text{ mV}} = 2.67$$

Sehingga didapat fungsi alih blok penguat mula :

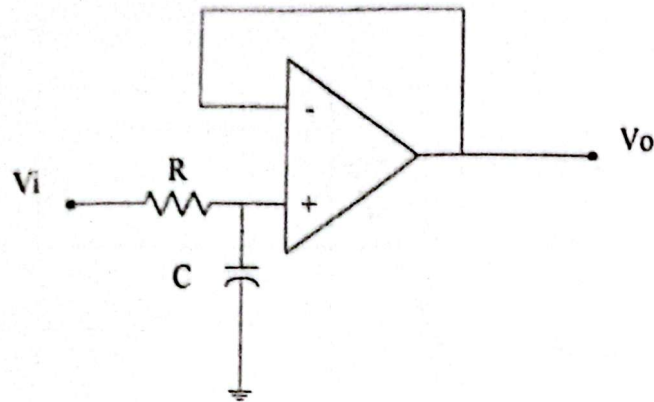


Sinyal keluaran dari penguat mula dapat dilihat pada lampiran.

### 3.3. Tapis Lolos Bawah (LPF).

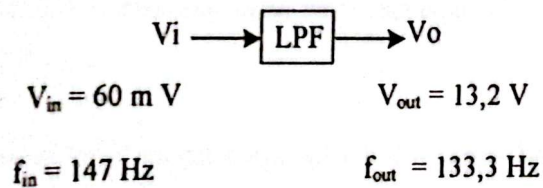
Sebuah aplikasi Op-Amp yang populer adalah filter aktif. Umumnya sedikit rangkaian filter dibuat dari resistor dan kapasitor (komponen pasif). Sedangkan pada filter aktif biasanya terdapat komponen-komponen aktif seperti Op-Amp dan transistor.

Tapis lolos bawah berfungsi sebagai rangkaian yang akan meloloskan frekwensi yang berada dibawah frekwensi *cut-off*-nya dan akan meredam frekwensi yang berada diatas frekwensi *cut-off*. Pada Gambar 3.3. diperlihatkan salah satu rangkaian dasar dari tapis lolos bawah.



Gambar 3.3. Rangkaian dasar tapis lolos bawah.

Hasil pengukuran osiloskop pada blok tapis lolos bawah adalah sebagai berikut :



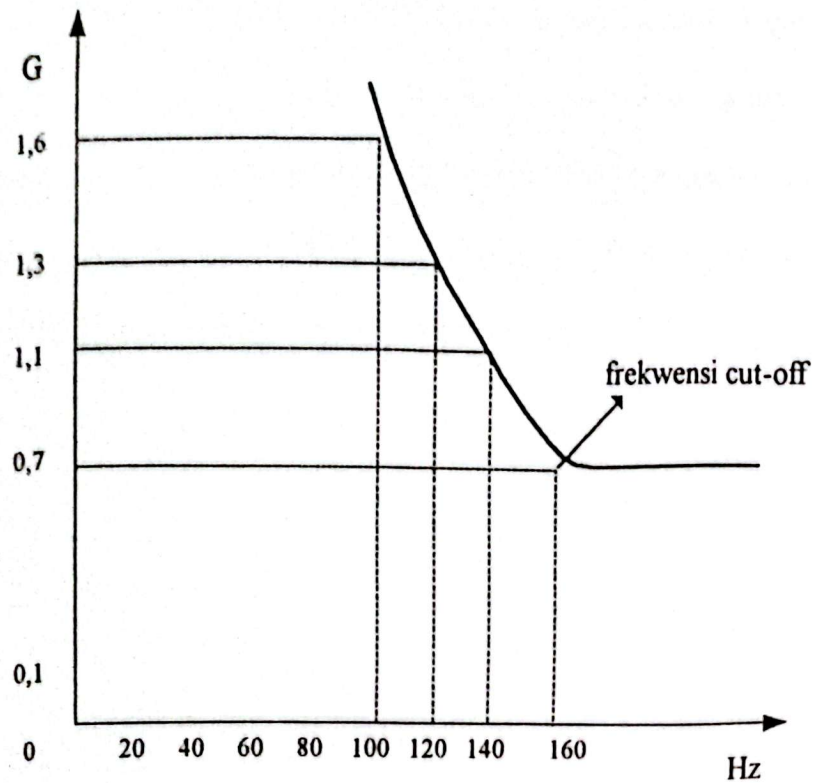
Tanggapan frekwensi tapis lolos bawah diperlihatkan pada Gambar 3.4. dengan menggunakan  $R=10\text{ k}\Omega$  dan kapasitor  $C=100\text{ nf}$ .

Dengan menggunakan persamaan :

$$f_c = \frac{1}{2\pi CR_2} \quad (3.1)$$

$$= \frac{1}{2\pi \cdot 100 \cdot 10^{-9} \cdot 10 \cdot 10^3}$$

$$= 159\text{ Hz.}$$



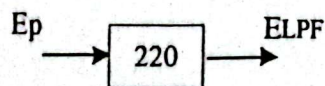
Gambar 3.4. Kurva tanggapan frekwensi tapis lolos bawah.

Nilai-nilai kapasitor C sangat berpengaruh terhadap frekwensi yang diredam.

Semakin besar nilai kapasitor C maka semakin rendah frekwensi yang diloloskan.

Sehingga fungsi alih dari blok tapis lolos bawah adalah :

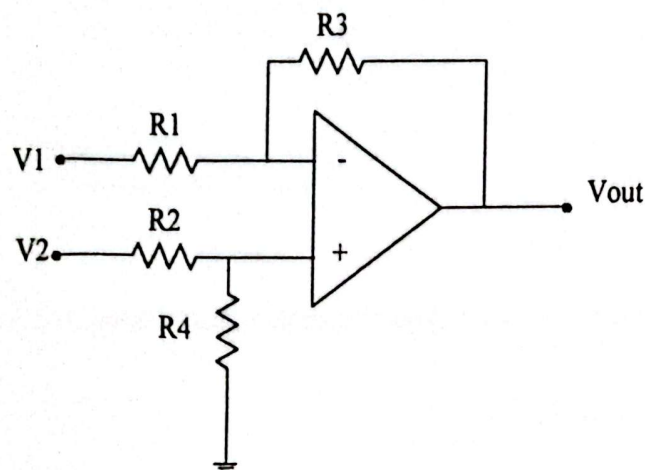
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{13,2V}{60mV} = 220$$





### 3.4. Penguat Selisih Tegangan.

Penguat ini serupa dengan pembanding yang dibahas dalam bagian 2.2.1. Kedua masukan dibandingkan, namun rangkaian menggunakan modus lingkaran tertutup sehingga tegangan keluaran dapat diperkirakan dan dikendalikan besarnya. Bila tahanan luar sama besar maka penguat ini berfungsi rangkaian matematis analog dan dikenal sebagai pengurang tegangan seperti pada Gambar 3.5.



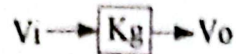
Gambar 3.5. Rangkaian penguat selisih tegangan.

Tegangan keluaran merupakan kebalikan selisih tegangan diantara kedua masukan dan nilainya dihitung menurut rumus :

$$V_{out} = -\frac{R_3}{R_1} V_1 + \left(\frac{R_4}{R_2 + R_4}\right) \left(\frac{R_1 + R_3}{R_1}\right) V_2 \quad (3.2)$$

pemakaian tahanan  $R_1, R_2, R_3, R_4$  pada Gambar 3.6. sangat berpengaruh terhadap prinsip kerja dari rangkaian tersebut.

Hasil pengukuran osiloskop pada blok rangkaian penguat selisih tegangan adalah :



$$V_{in} = 13,2 \text{ mV}$$

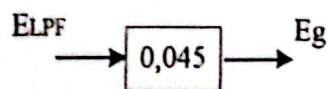
$$V_{out} = 0,6 \text{ v}$$

$$f_{in} = 133,3 \text{ Hz}$$

$$f_{out} = 66,6 \text{ Hz}$$

Sehingga didapat fungsi alih sebagai berikut :

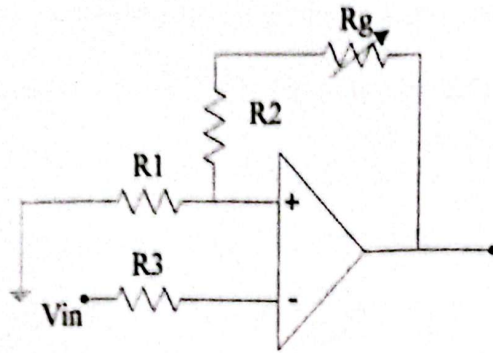
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{0,6V}{13,2V} = 0,045$$



Sinyal keluaran pada blok penguat selisih tegangan dapat dilihat pada lampiran.

### 3.5. Rangkaian Penyangga.

Rangkaian penyangga disini digunakan sebagai penguat tegangan yang diperlukan untuk menggerakkan motor. Rangkaian penyangga menggunakan tahanan geser ( $R_g$ ) sehingga penguatannya dapat diatur. Apabila input dari rangkaian penyangga kecil maka akan diperkuat dengan mengatur tahanan geser dengan demikian tegangan keluaran dapat menggerakkan motor. Gambar rangkaian penyangga dapat dilihat pada gambar 3.6.



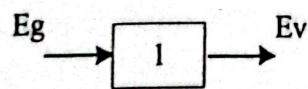
Gambar (3-6). Rangkaian Penyangga.

Hasil pengukuran osiloskop pada blok penyangga adalah :

$$\begin{array}{ccc}
 V_i \longrightarrow \boxed{K_v} \longrightarrow V_o & & \\
 V_{in} = 0,6 \text{ V} & & V_{out} = 0,6 \text{ V} \\
 f_{in} = 66,6 \text{ Hz} & & f_{out} = 66,6 \text{ Hz}
 \end{array}$$

Sehingga didapat fungsi alih sebagai berikut :

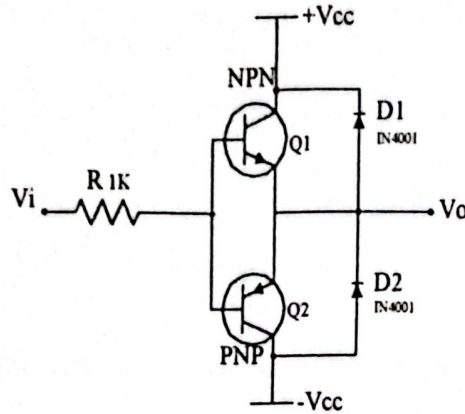
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{0,6 \text{ V}}{0,6 \text{ V}} = 1$$





### 3.6. Komplemen Amplifier.

Rangkaian komplemen amplifier disini menggunakan dua buah transistor, yaitu transistor PNP(Q2) dan NPN(Q1). Rangkaian tersebut dapat dilihat pada gambar 3.7.



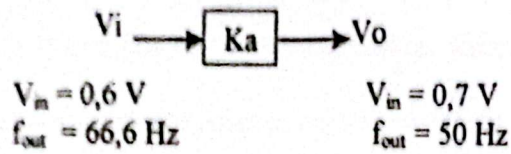
Gambar 3.7. Rangkaian komplemen amplifier.

Transistor (Q1) disini akan mencatu tegangan positif  $V_{cc}$  untuk motor sehingga motor berputar kearah positif. sebaliknya transistor (Q2) mencatu tegangan negatif  $V_{cc}$  untuk motor sehingga motor berputar kearah negatif.

Apabila sinyal masukan dari komplemen positif maka transistor (Q1) akan menghantar dan transistor (Q2) menyumbat sehingga hanya tegangan positif yang diteruskan ke motor. Sebaliknya apabila sinyal masukan komplemen negatif maka transistor (Q2) akan menghantar dan transistor (Q1) menyumbat, dengan demikian hanya tegangan negatif yang diteruskan ke motor.

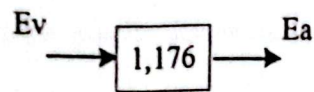
Perubahan sinyal masukan komplemen akan menentukan arah putaran motor. Apabila komplemen tidak mendapat sinyal masukan dari penguat panyangga maka kedua transistor akan menyumbat sehingga motor tidak berputar. Ini menandakan bahwa intensitas cahaya yang diterima kedua sensor yang terdapat pada panel surya sama besar sehingga panel dalam keadaan seimbang.

Hasil pengukuran osiloskop pada blok komplemen amplifier adalah :



Sehingga didapat fungsi alih sebagai berikut :

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{0,7 \text{ V}}{0,6 \text{ V}} = 1,176$$



Sinyal keluaran pada blok komplemen amplifier dapat dilihat pada lampiran.

Dari hasil pengukuran dan percobaan sistem dengan menggunakan lampu TL maka nilai dari masing-masing blok dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.1. Hasil pengukuran dan percobaan sistem pada setiap blok

Blok	Vin		Vout		$\left(\frac{V_{out}}{V_{in}}\right)$
	Volt	Hz	Volt	Hz	
Penguat Mula	22,5 m	156,3	60 m	147	2,67
Tapis Lolos Bawah	60 m	147	13,2	133,3	220
Penguat Selisih Tegangan	13,2	133,3	0,6	66,6	0,045
Rangkaian Penyangga	0,6	66,6	0,6	66,6	1
Komplemen Amplifier	0,6	66,6	0,7	50	1,176



### 3.7. Pengaturan Motor.

Jenis motor yang digunakan adalah motor arus searah dengan pengontrolan jangkar. Gambar motor searah dengan pengaturan jangkar diperlihatkan pada gambar 3.8. Berikut ini adalah tinjauan motor arus searah dengan pengaturan jangkar.

$R_a$  = tahanan kumparan jangkar (*ohm*).

$L_a$  = induktansi kumparan jangkar (*henry*).

$i_a$  = arus kumparan jangkar (*ampere*).

$i_f$  = arus medan (*ampere*).

$e_a$  = tegangan yang dikenakan pada jangkar (*volt*).

$e_b$  = gaya gerak listrik balik (*volt*).

$\theta$  = perpindahan sudut dari poros motor (*radian*).

$T$  = torsi yang diberikan oleh motor (*newton.meter*).

$J$  = momen inersia ekivalen dari motor dan beban pada poros motor (*kg. m<sup>2</sup>*).

$f$  = koefisien gesekan viskos ekivalen dari motor dan beban pada poros motor (*newton. meter/rad/det*).

Torsi  $T$  yang dihasilkan motor adalah berbanding lurus dengan hasil kali dari arus jangkar  $i_a$  dan fluks celah udara  $\psi$ , yang berbanding yang berbanding lurus dengan arus medan atau :

$$\psi = K_f i_f$$

dimana  $K_f$  adalah konstanta. Dengan demikian torsi  $T$  dapat ditulis :

$$T = K_f i_f K_l i_a$$



Dimana  $K_t$  adalah konstanta.

Pada motor arus searah dengan pengontrolan jangkar, arus medan dijaga konstan. Untuk arus medan yang konstan, fluks menjadi konstan dan torsi akan berbanding lurus dengan arus jangkar sehingga :

$$T = K i_a$$

Dimana  $K$  adalah konstanta torsi motor. Pada saat jangkar berputar, suatu tegangan yang berbanding lurus dengan hasil kali fluks dengan kecepatan sudut, terinduksi pada jangkar. Untuk fluks yang konstan, tegangan terinduksi  $e_b$  berbanding lurus dengan kecepatan sudut  $\frac{d\theta}{dt}$ .

Jadi :

$$e_b = K_b \frac{d\theta}{dt} \quad 3.3.$$

Dimana  $K_b$  adalah konstanta gaya gerak listrik balik.

Kecepatan motor arus searah dengan pengontrolan jangkar dikontrol oleh tegangan jangkar  $e_a$ . tegangan jangkar  $e_a$  dicatu oleh suatu penguat (suatu generator yang dicatu oleh penguat).

Persamaan untuk rangkaian jangkar adalah :

$$L_a \frac{di_a}{dt} + R_a i_a + e_b = e_a \quad 3.4.$$

Arus jangkar menghasilkan torsi yang dikenakan pada inersia dan gesekan, sehingga :

$$J \frac{d^2\theta}{dt^2} + f \frac{d\theta}{dt} = T = K i_a \quad 3.5.$$

dengan menganggap semua syarat awal nol, dan dengan mencari transformasi Laplace persamaan (3.3),(3.4) dan (3.5) didapat persamaan sebagai berikut :

$$K_b s \Theta(s) = E_b(s) \quad 3.6.$$

$$(L_a s + R_a) I_a(s) + E_b(s) = E_a(s) \quad 3.7.$$

$$(J s^2 + f s) \Theta(s) = T(s) = K I_a(s) \quad 3.8.$$

Dengan menganggap  $E_a(s)$  sebagai masukan dan  $\Theta(s)$  sebagai keluaran dapat menggambarkan diagram blok persamaan (3.6), (3.7) dan (3.8) seperti ditunjukkan pada gambar (3.9). Pengaruh gaya gerak listrik balik terlihat berupa sinyal umpan balik yang berbanding lurus dengan kecepatan motor. Jadi gaya gerak listrik balik memperbesar redaman efektif. Fungsi alih sistem ini ditunjukkan dalam persamaan berikut :

$$\frac{\Theta(s)}{E_a(s)} = \frac{K}{s(L_a J s^2 + (L_a f + R_a) s + R_a f + K K_b)} \quad 3.9.$$

Induksi  $L_a$  pada rangkaian jangkar biasanya kecil dan dapat diabaikan. Jika  $L_a$  diabaikan, maka fungsi alih pada persamaan (3.9) dapat disederhanakan menjadi :

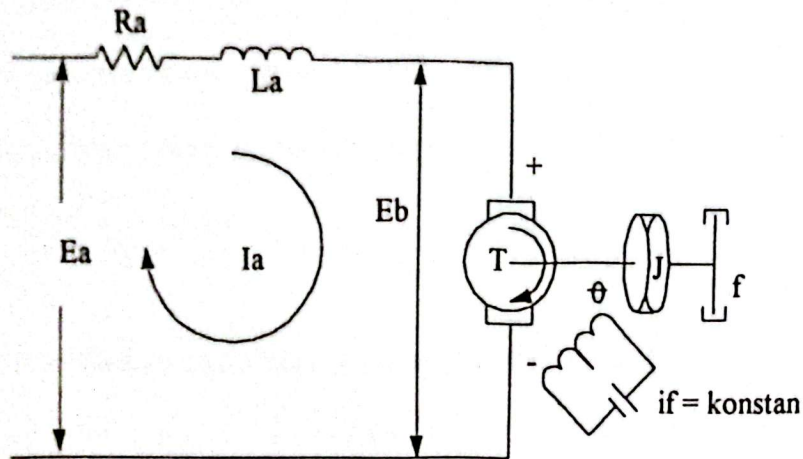
$$\frac{\Theta(s)}{E_a(s)} = \frac{K_m}{s(T_m s + 1)} \quad 3.10.$$

dimana :

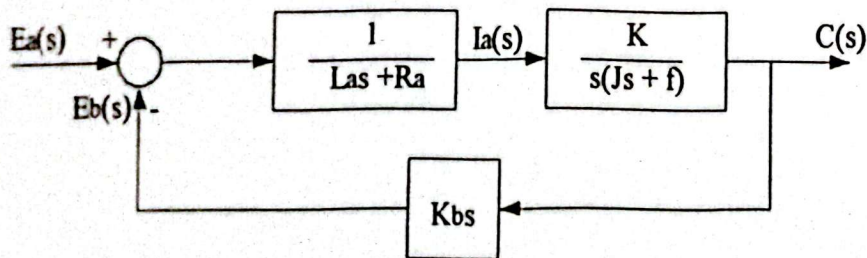
$$K_m = \frac{K}{(R_a f + K K_b)} = \text{konstanta penguatan motor}$$

$$T_m = \frac{R_a J}{(R_a f + K K_b)} = \text{konstanta waktu motor.}$$

Dari persamaan (3.9) dan (3.10) dapat dilihat bahwa fungsi alih melibatkan suku  $1/s$ . Jadi sistem ini mempunyai sifat mengintegrasi. Pada persamaan (3.10) konstanta waktu motor menjadi bertambah kecil untuk  $R_a$  dan  $J$  yang lebih kecil. Dengan harga  $J$  yang lebih kecil dan tahanan  $R_a$  diperkecil maka konstanta waktu motor bekerja sebagai integrator ideal.



Gambar 3.8. Diagram skematik motor arus searah dengan pengontrolan jangkar.



Gambar 3.9. Diagram blok motor DC arus searah dengan pengontrolan jangkar

Untuk mendapatkan parameter konstanta penguatan motor  $K_M$  dilakukan percobaan seperti pada gambar rangkaian (2-3).



Hasil pengukuran :

Tegangan jangkar :  $V_a = 12 \text{ volt}$ .

Arus jangkar :  $I_a = 22 \text{ mA}$ .

Tahanan jangkar :  $R_a = \frac{V_a}{I_a} = \frac{12}{22 \cdot 10^{-3}} = 545,5 \Omega$

Konstanta waktu motor :  $T_m = 0,05 \text{ detik}$ .

Kecepatan putaran motor :  $2200 \text{ rpm}$ .

Sehingga konstanta penguatan motor adalah :

$$K_M = \frac{2200 \text{ rpm}}{12 \text{ volt}} = 183,3 \frac{\text{rpm}}{\text{volt}}$$

Dengan hasil diatas didapat fungsi alih motor :

$$\frac{K_M}{s(T_M s + 1)} = \frac{183,3}{s(0,05s + 1)}$$

## BAB IV

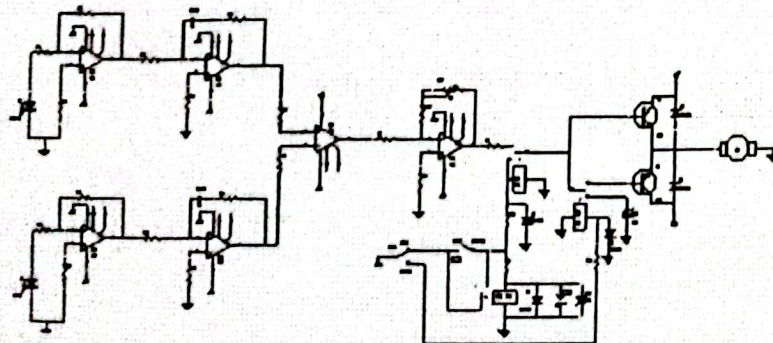
# ANALISA KESTABILAN SISTEM

### 4.1. Pendahuluan.

Untuk mengetahui suatu ketelitian dari sebuah sistem kontrol maka perlu dilakukan analisa kestabilan sistem. Adapun analisa sistem tersebut adalah :

1. Menentukan kestabilan.
2. Kesalahan keadaan tunak.

Pada sistem sistem pengarah sel surya menurut kedudukan matahari ini menggunakan kendali proporsional orde-dua.



Gambar 4.1. Rangkaian pengarah sel surya

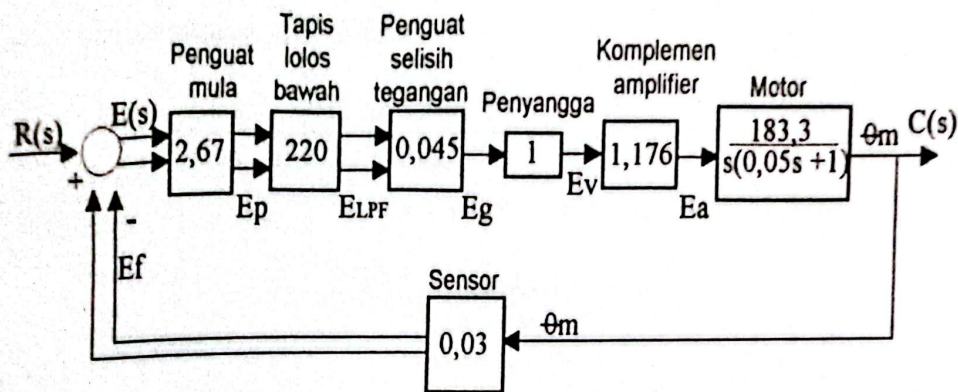


#### 4.2. Fungsi Alih Lingkaran Tertutup.

Untuk mencari fungsi alih lingkaran tertutup sistem secara keseluruhan maka dilakukan perhitungan dari diagram blok keseluruhan sistem seperti terlihat pada Gambar 4.1. Nilai-nilai pada diagram blok didapat dari hasil pengukuran seperti yang terdapat pada tabel 3.1.

Dengan Fungsi alih :

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + G(s)H(s)}$$



Gambar 4.1. Diagram blok keseluruhan sistem.

Dari diagram blok diatas diperoleh fungsi alih lingkaran tertutup sebagai berikut

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{(2,67)(220)(0,045)(1)(1,167)(183,3)}{1 + \frac{(2,67)(220)(0,045)(1)(1,167)(183,3)}{s(0,05s + 1)}}$$

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{\frac{5654,3121}{s(0,05s + 1)}}{1 + \frac{169,62936}{s(0,05s + 1)}}$$

$$= \frac{5654,3121}{s(0,05s + 1) + 169,62936}$$



$$\frac{5654,3121}{0,05s^2 + s + 169,62936}$$

Supaya  $s^2$  tunggal maka :

$$\begin{aligned} \frac{C(s)}{R(s)} &= \frac{\frac{5654,3121}{0,05}}{\frac{0,05s^2}{0,05} + \frac{s}{0,05} + \frac{169,62936}{0,05}} \\ &= \frac{113086,24}{s^2 + 20s + 3392,5872} \end{aligned}$$

Fungsi alih lup tertutup yang didapat :

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{113086,24}{s^2 + 20s + 3392,5872}$$

#### 4.3. Kestabilan Sistem.

Untuk mengetahui apakah sistem tersebut stabil atau tak stabil dilakukan pengujian dengan menggunakan perhitungan kriteria kestabilan Routh. Diketahui persamaan karakteristik untuk sistem diatas adalah persamaan polinomial orde-dua.

$$1 + G(s)H(s) = s^2 + 20s + 3392,5872$$

Semua koefisien diatas adalah positif maka susunan koefisien-nya menjadi :

$s^2$	1,0000	3392,5782
$s^1$	20,000	0
$s^0$	3392,5872	0

Dari hasil perhitungan sistem dengan menggunakan kriteria kestabilan Routh, didapat sebuah koefisien persamaan karakteristik-nya positif dan semua suku pada kolom pertama positif maka sistem diatas adalah *stabil*.

#### 4.4. Kesalahan Keadaan Tunak

kesalahan keadaan tunak didapat dari perhitungan matematis fungsi alih antara sinyal kesalahan penggerak  $e(t)$  dan sinyal masukan  $r(t)$  dari Gambar 2.10 adalah :

$$\frac{E(s)}{R(s)} = 1 - \frac{C(s)H(s)}{R(s)} = \frac{1}{1 + G(s)H(s)}$$

dengan sinyal kesalahan penggerak  $e(t)$  adalah selisih antara sinyal masukan dan sinyal umpan balik, maka sinyal kesalahan keadaan tunak untuk masukan tangga satuan adalah :

$$e_{ss} = \lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{sR(s)}{1 + G(s)H(s)}$$

dengan :

$$G(s) = \frac{5654,3121}{s(0,05s+1)}$$

$$H(s) = 0,03$$

$$R(s) = \text{tegangan referensi} = \frac{0,6}{s}$$

Sinyal kesalahan keadaan tunak sistem adalah :

$$e_{ss} = \lim_{s \rightarrow 0} \frac{s \frac{0,6}{s}}{1 + \frac{5654,3121}{s(0,05s+1)} \cdot 0,03}$$

$$= \lim_{s \rightarrow 0} \frac{0,6s(0,05s+1)}{s(0,05s+1) + 169,62936}$$

$$= \lim_{s \rightarrow 0} \frac{0,6(0,05s^2 + s)}{0,05s^2 + s + 169,62936}$$

$$= \lim_{s \rightarrow 0} \frac{0,03s^2 + 0,6s}{0,05s^2 + s + 169,61936}$$

$$e_{\infty} = 0 \text{ volt}$$



## BAB V

### KESIMPULAN

1. Sistem penelusuran jejak matahari yang dikendalikan secara otomatis dengan membandingkan intensitas cahaya yang diterima kedua sisi sensornya dapat mengikuti peredaran matahari dari timur ke barat.
2. Penggunaan pengarah sel surya ini memberikan kemudahan dalam mengendalikan penadah radiasi matahari.
3. Beberapa kelebihan yang diperoleh sistem ini antara lain :
  - Proses penelusuran jejak matahari bersifat otomatis
  - Performasi menjadi fleksibel
  - Pengembangan sistem dapat dilakukan dengan mudah.
4. Dengan optimalnya cahaya radiasi matahari yang diterima oleh panel sel surya maka energi yang diserap akan lebih maksimal.
5. Sistem pengarah sel surya dengan menggunakan dioda photo termasuk sistem orde-dua.
6. Berdasarkan perhitungan dan analisa dengan menggunakan teorema kestabilan Routh, sistem pengarah sel surya ini stabil.
7. Kesalahan keadaan tunak sistem 0 volt.

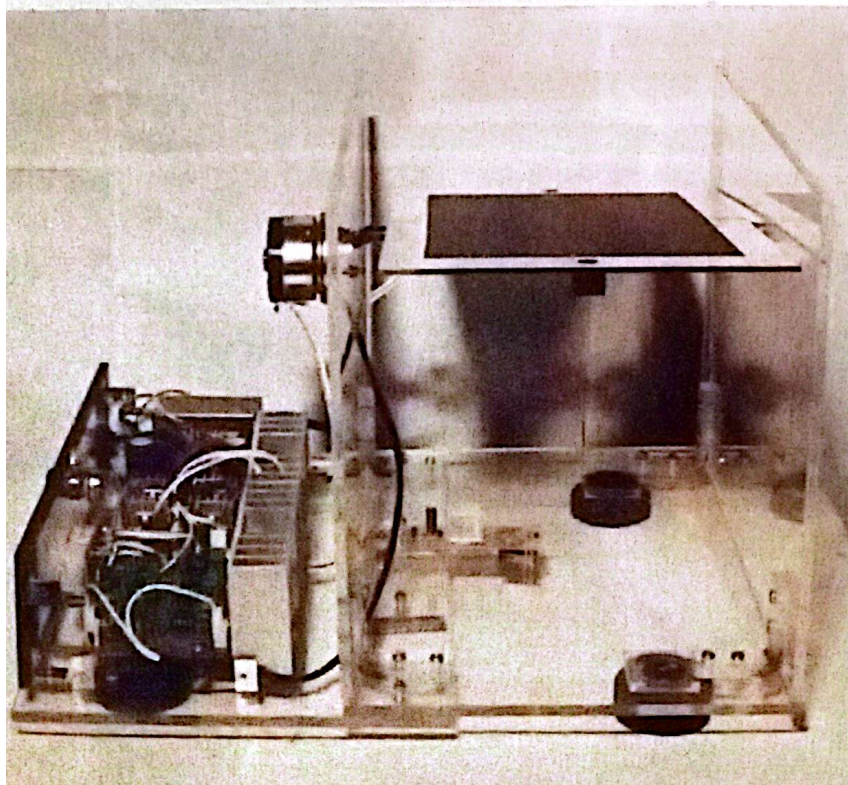
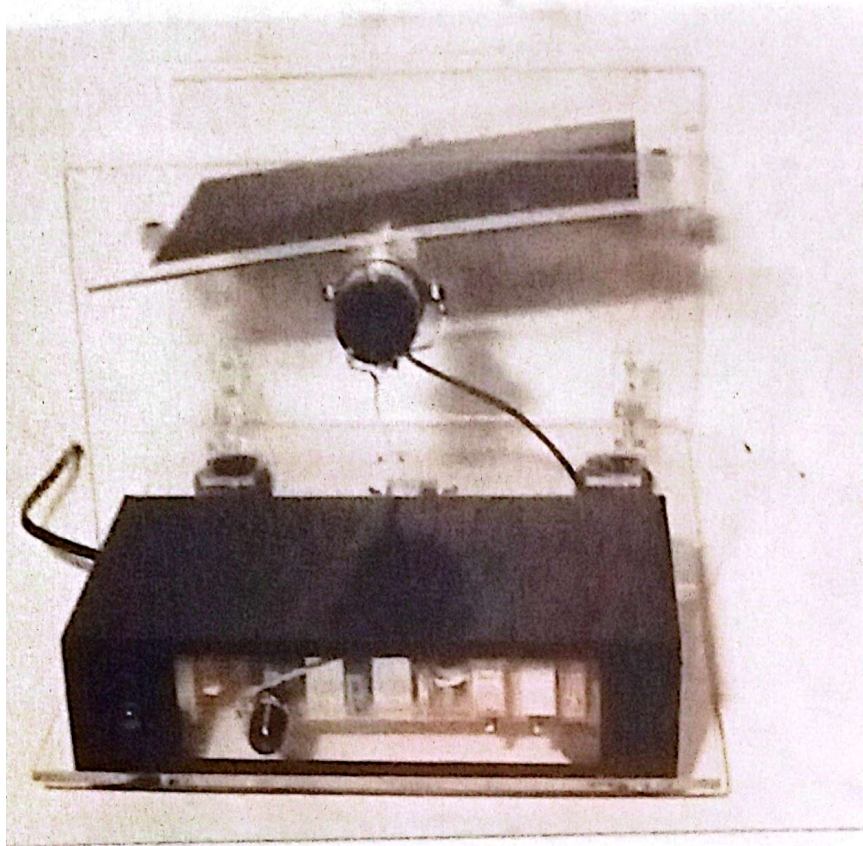
## DAFTAR PUSTAKA

1. [ Fred 90 ] W. Hughes, Frederick. Panduan OP-AMP, Edisi Kedua, Jakarta. : Penerbit PT. Elekmedia Komputindo, 1990.
2. [ Az Ho 66 ] D'Azzo, J.J. and C.H. Hopis, Feedback Control System Analysis and Synthesis, 2<sup>nd</sup> Edition, New York. : McGraw-Hill Book Company, Inc. 1996.
3. [ Han 92 ] Hanafi Gunawan, Prinsip-prinsip Elektronik, Edisi Kedua, Jakarta.: Penerbit Erlangga ,1992.
4. [ Na Go ] Nagart, I.J. and M. Gopal, Control Systems Engineering, 2<sup>nd</sup> Edition, Singapore.: Jhon Wilay & Sons.
5. [ Tir ] Tirtono Chandra, Analisa Kestabilan Kecepatan Motor Arus Searah Penguatan Shunt, Serpong.: ITI 1992.

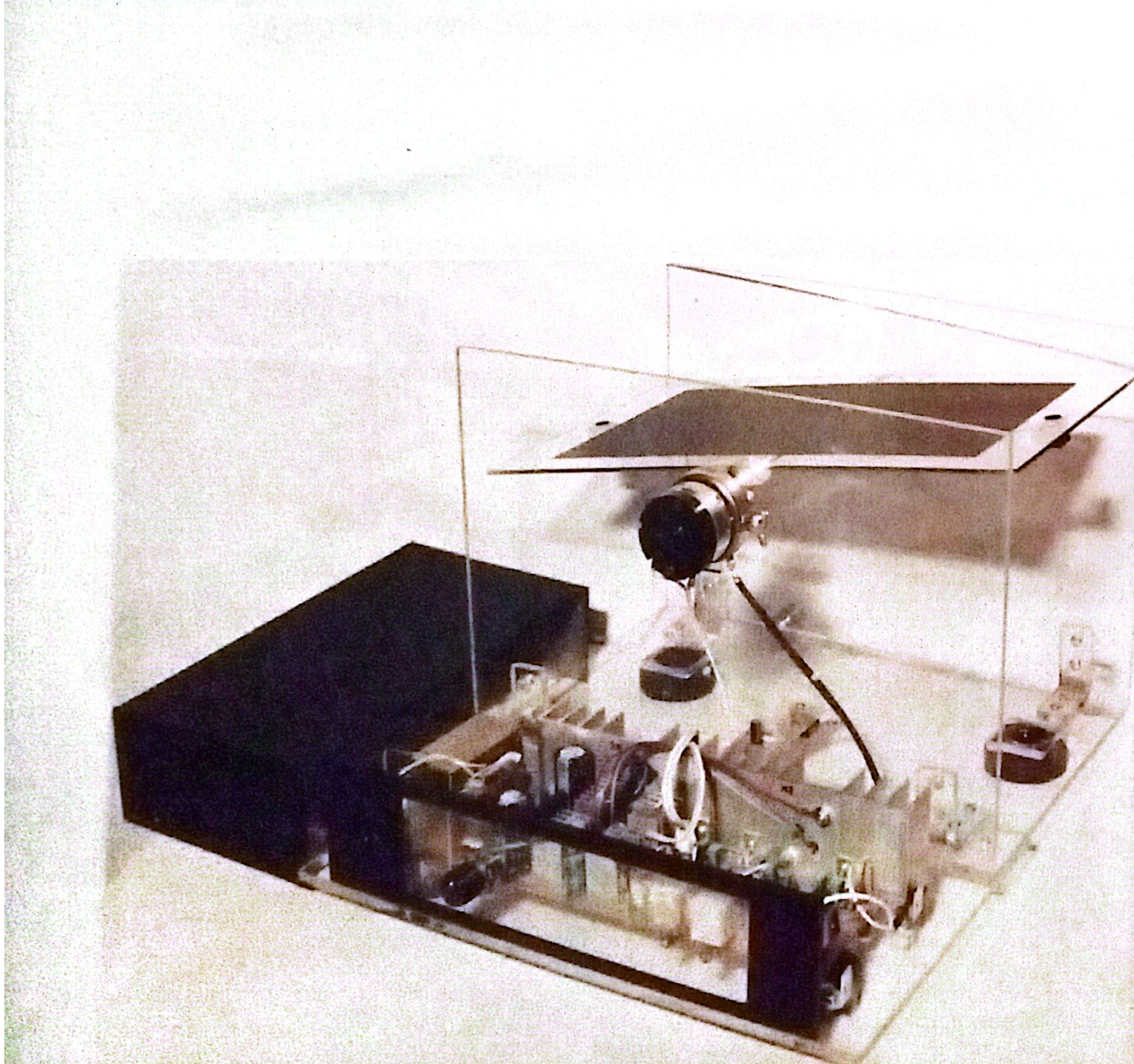


## **FOTO ALAT**





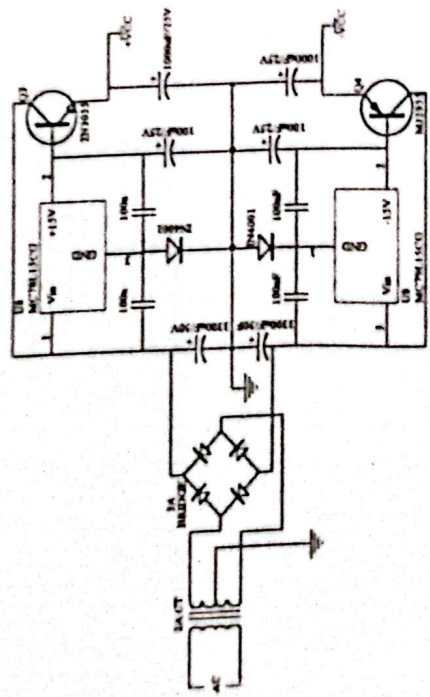
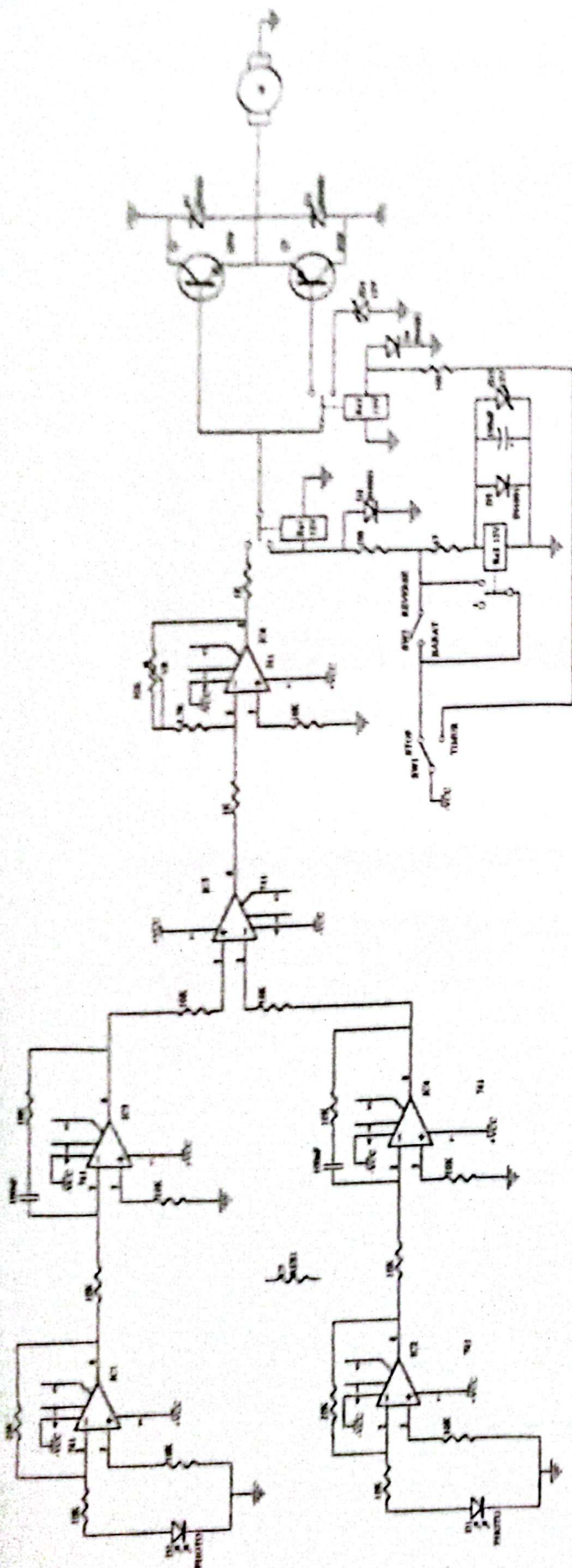






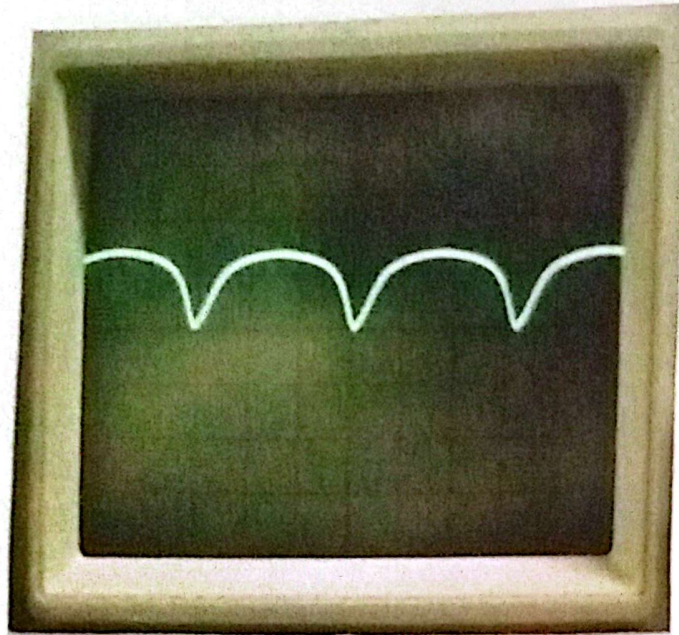
**LAMPIRAN**



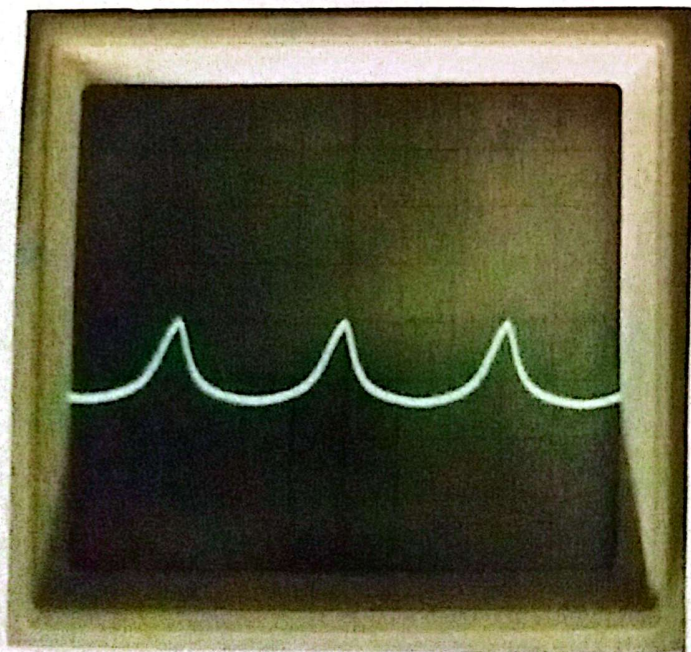


No.	Nama	Nilai	Unit
1.	Resistor	10k	Ω
2.	Resistor	100k	Ω
3.	Resistor	100k	Ω
4.	Resistor	100k	Ω
5.	Resistor	100k	Ω
6.	Resistor	100k	Ω
7.	Resistor	100k	Ω
8.	Resistor	100k	Ω
9.	Resistor	100k	Ω
10.	Resistor	100k	Ω

**Sinyal Keluaran Dioda foto Sebelum Tersambung Pada Rangkaian**



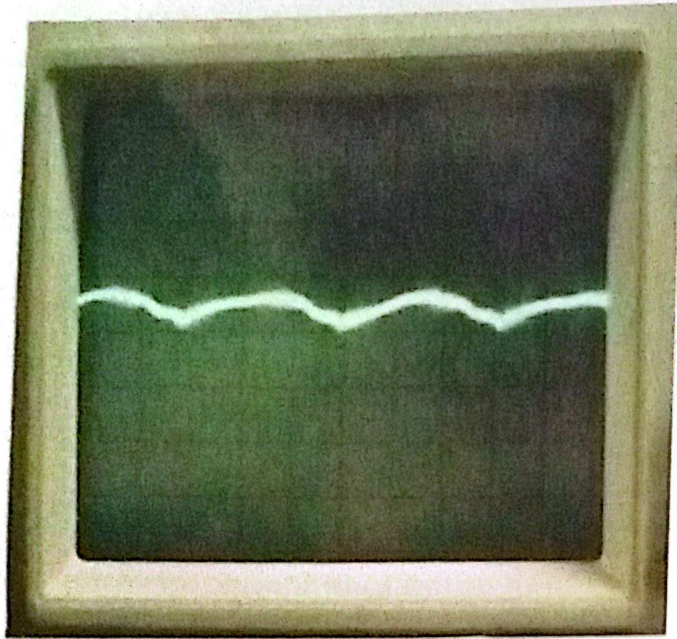
**Sinyal Saat Cahaya Terang**



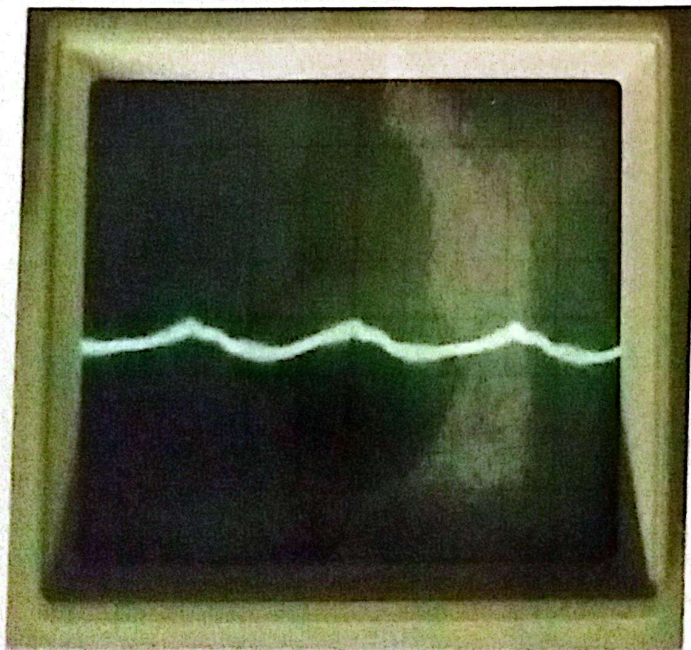
**Sinyal Saat Cahaya Redup**



**Sinyal Keluaran Dioda foto Setelah Tersambung Pada Rangkaian**

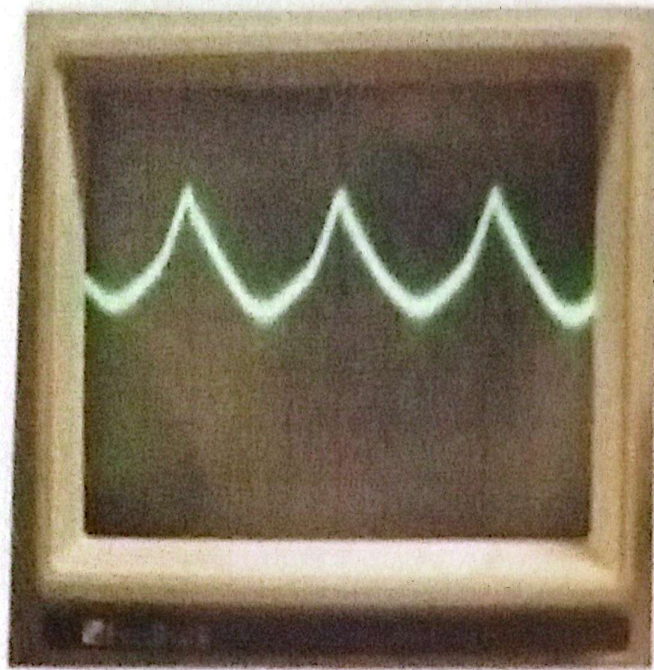


**Sinyal Saat Cahaya Terang**

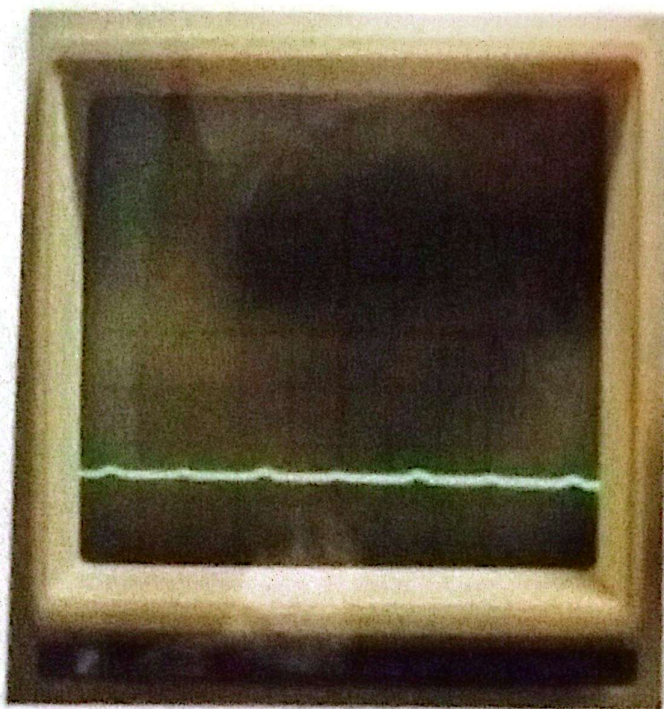


**Sinyal Saat Cahaya Redup**



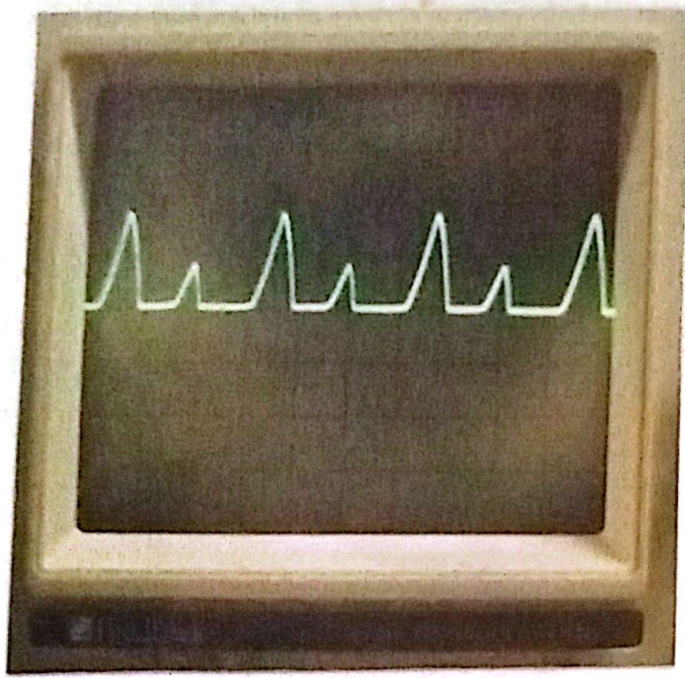


**Sinyal Keluaran Penguat Mula**

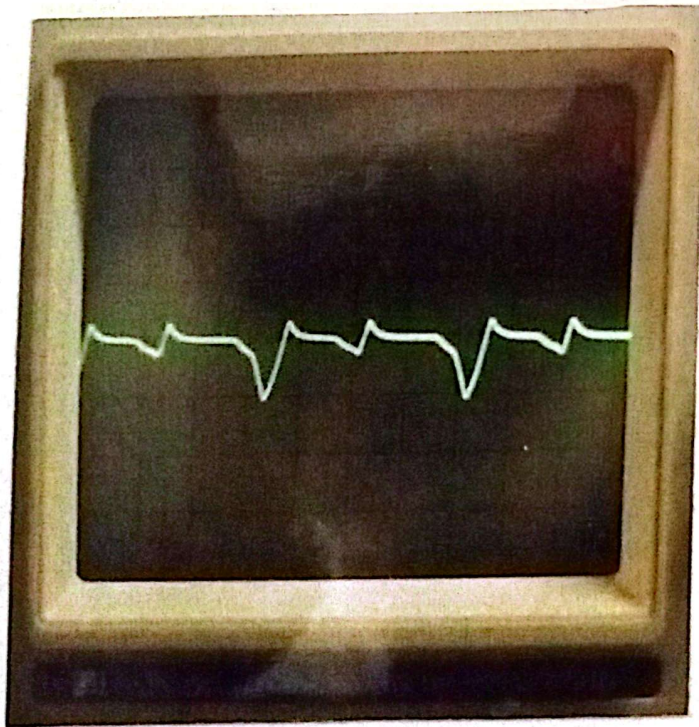


**Sinyal Keluaran Tapis Lolos Bawah**



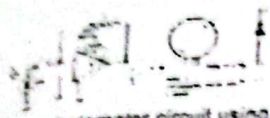


**Sinyal Keluaran Penguat Selesih Tegangan**



**Sinyal Keluaran Komplemen Amplifier**

# General Purpose Photodiode



Linear photometer circuit using  
 i.e. 10 amp. 307-058

A general purpose photodiode mounted in a TO18 style case with end window. When reverse biased the leakage current increases proportionally with the incident light. Suitable for use in photometers, modulated light detectors or high-speed counting in punched card tape readers, etc.

Technical Specification	
Peak spectral response	750nm
Wavelength range	350-1100nm
Change in leakage current (with incident light)	0.7 $\mu$ A/mW/cm <sup>2</sup> (typ)
Dark current (at -20 V)	1.4nA (typ)
Temp. coeff. of dark current	$\times 2$ for 10°C temp. rise
Reverse breakdown voltage	-80V at 10 $\mu$ A
Temp. coeff. of change in leakage current	0.35%/°C
Max. forward current	100mA
Max. dissipation	200mW at 25°C
Capacitance (-10 V bias)	12pF
Response time	4ns typ.
Operating temp.	-40°C to +70°C

Leakage current  $I_D$  varies with light from 1 nA to 1 mA typ. Resistor R is chosen to give required output. Typical value

**M = 1**

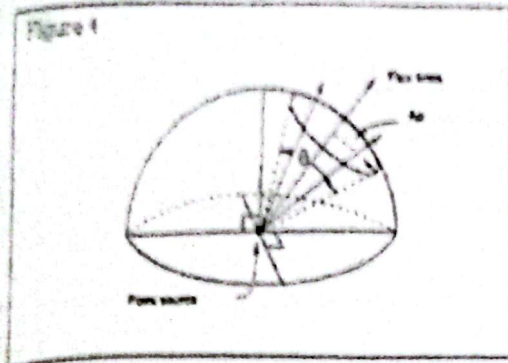
Stock no.

105-452



**Luminous Intensity (Symbol I)**

A spatial flux density concept. I is the ratio of luminous flux of a source to the solid angle subtended by the directed area and that source. The LUMINOUS INTENSITY of a source assumes that source to be point rather than an area dimension. The LUMINOUS INTENSITY (or CANDLE POWER) of a source is measured in LUMENS/STERADIAN which is equal to one CANDELA (or loosely one CANDA)



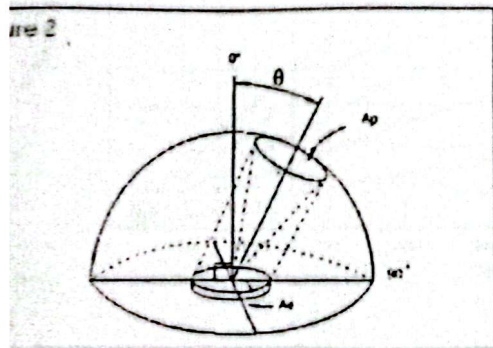
**Luminance (Symbol L)**

Sometimes called photometric brightness (although the term brightness should not be used alone as it encompasses other physiological factors such as colour, sparkle, texture, etc.) it is applied to sources of appreciable area size. Mathematically, if the area of an emitter (circular for example) has a diameter or diagonal dimension greater than 0.1 the distance to the detector, it can be considered as an area source. If less than this 10% figure, the source can be treated as point nature. This one to ten ratio of source diameter to distance is offered as it MATHEMATICALLY very closely approximates results obtained when comparing an area source to its point equivalent. LUMINANCE presents itself as an extremely useful parameter as it offers a figure of merit to:

1. Apparent or projected area of the source (Ap)
  2. Amount of luminous flux contained within the projected area of the source (Ap)
  3. Solid angle the projected area generates with respect to the centre of the source.
- ie. The projected area Ap varies directly as the sine of θ i.e. max. at 0° or normal to the surface and minimum at 90°

$$A_p = A_e \cos \theta$$

LUMINANCE is defined as the ratio of LUMINOUS INTENSITY to the projected area of the source Ap



$$\text{LUMINOUS INTENSITY} = \frac{\text{LUMENS}}{A_p \text{ STERAD}} = \frac{\text{CANDELAS}}{\text{STERAD}}$$

And depending on the units used for area

- 1 CANDELA/m<sup>2</sup> = 1 STIEL
- 1 CANDELA/m<sup>2</sup> = 1 NT
- 1 CANDELA/ft<sup>2</sup> = } no designator available
- 1 CANDELA/ft<sup>2</sup> = }

Also

- 1x candela/cm<sup>2</sup> = LAMBERT
- 1x candela/m<sup>2</sup> = APOSTLE (or BLONDEL)
- 1x candela/ft<sup>2</sup> = no designator available
- 1x candela/ft<sup>2</sup> = FOOT LAMBERT

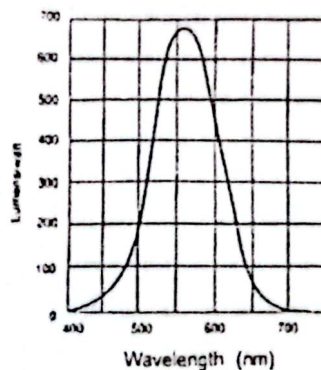
**CIE curve**

Photometric quantities are related to the corresponding radiometric quantities by the CIE Standard Luminosity Function which is often called the 'standard eye'.

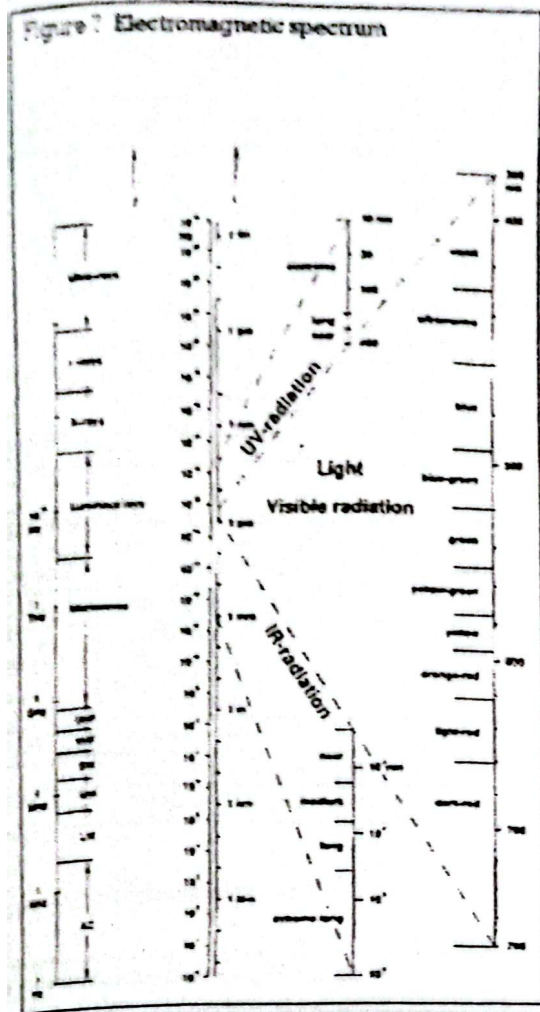
The eye responds to the rate at which radiant energy falls on the retina, i.e. on the radiant flux density expressed as Watts/m<sup>2</sup>. The corresponding photometric quantity is Lumens/m<sup>2</sup>. The standard luminosity function is then a plot of Lumens/Watt as a function of wavelength.

The function has a maximum value of 680 Lumens/Watt at 555nm and the 1% power points occur at 510 nm and 610 nm (Figure 6)

Figure 6. CIE stand photopic luminosity function



# Electromagnetic radiation spectrum



The following range of discrete opto devices is described, each of which may be used in a variety of sensing applications

Product	RS stock no.
General purpose photodiode	305-462
BPX 65 high speed photodiode	304-346
BPW31 photodiode	303-719
Quadrant silicon photodiode	652-027
15mm silicon photodiode	194-076
Medium area photodiode	651-995
Large area photodiode	303-674
Integral amplifier 5mm <sup>2</sup>	308-067
Integral amplifier 100mm <sup>2</sup>	590-963
5 3mm <sup>2</sup> UV photodiode	564-021
33 6mm <sup>2</sup> UV photodiode	564-037
100mm <sup>2</sup> UV photodiode	564-043
15 element linear array	194-060

## General purpose photodiode (RS stock no. 305-462)

A planar diffused photodiode in a 2-lead TO-18 can with glass window. A very linear output of current versus light level can be obtained over a wide range of inputs. Light falling on the diode induces current in the diode, thus when the device is reversed biased thereby conducting very low leakage currents, it behaves as a current source controlled by the incident illumination.

### Absolute maximum ratings

at +25°C (unless stated)

Reverse voltage  $V_r$  \_\_\_\_\_ +80V

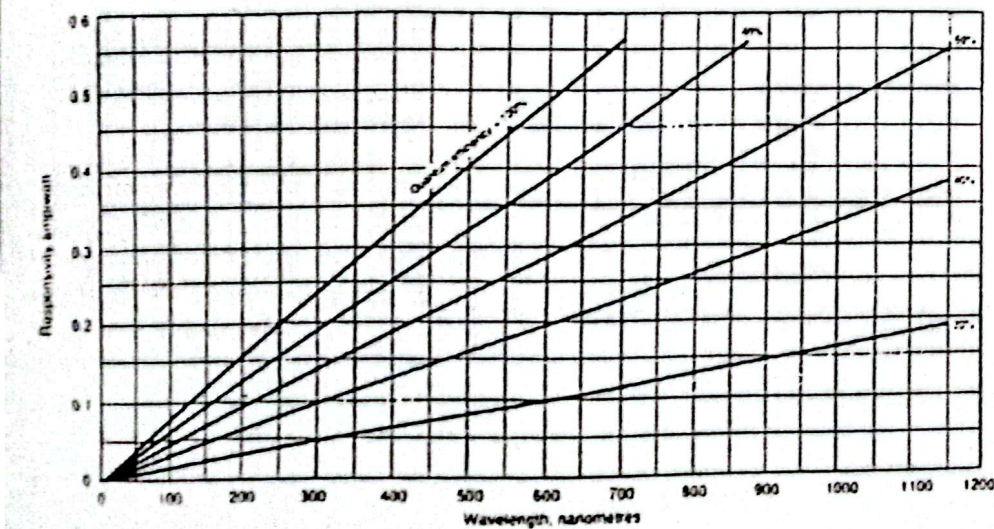
Forward current  $I_f$  \_\_\_\_\_ 100mA

Operating temperature range \_\_\_\_\_ 0°C to +70°C

Storage temperature range \_\_\_\_\_ -55°C to +125°C

Power dissipation  $P_d$  \_\_\_\_\_ 200mW

Figure 8 Typical quantum efficiency curves



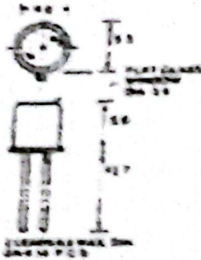


F14784

Pin connections and case dimensions



Case is connected to Pin 2  
 Chip placement accuracy  $\pm 0.25\text{mm}$  of can centre  
 Nominal photosensitive area 850 mils (near square)\*



\*Note: 850 mils  $\approx 0.762\text{mm} \cdot 0.762\text{mm}$

Electrical characteristics (at  $-22^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$  unless otherwise stated)

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test conditions
$V_{BR}$	Breakdown voltage	80			V	Dark, rev. current $10\ \mu\text{A}$
$I_D$	Dark current		1.4	14	nA	Dark, rev. bias 20V
$R_p$	Responsivity	0.35	0.7	1.4	$\mu\text{A}/\text{mW}/\text{cm}^2$	Zero bias, $100\ \mu\text{W}/\text{cm}^2$
C	Capacitance		13		pF	Dark, rev. bias 10V
$t_r$	Response time		350		ns	10-90% levels
-	Temp. coeff. of responsivity		0.35		% per $^\circ\text{C}$	$0^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$
-	Temp. coeff. of dark current		x2		per $10^\circ\text{C}$ rise	$0^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$

Typical performance curves

Figure 9 Photo current vs. irradiation

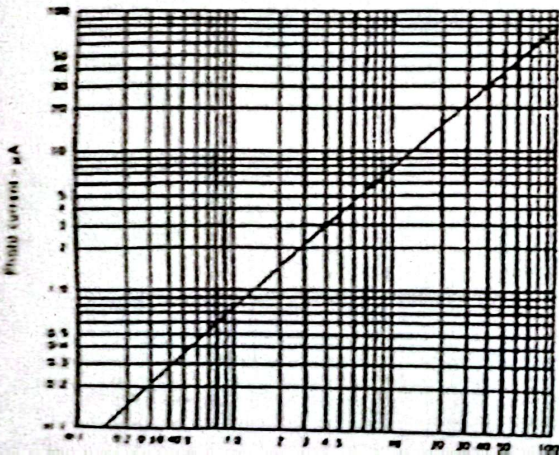
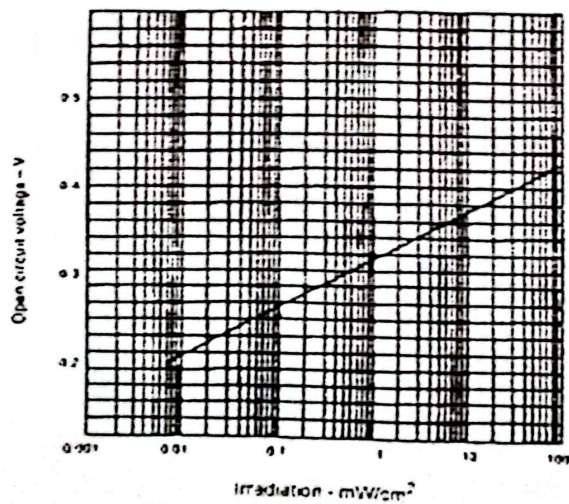
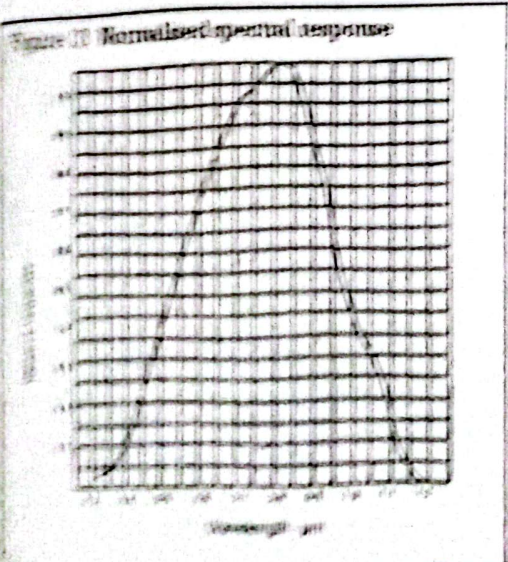
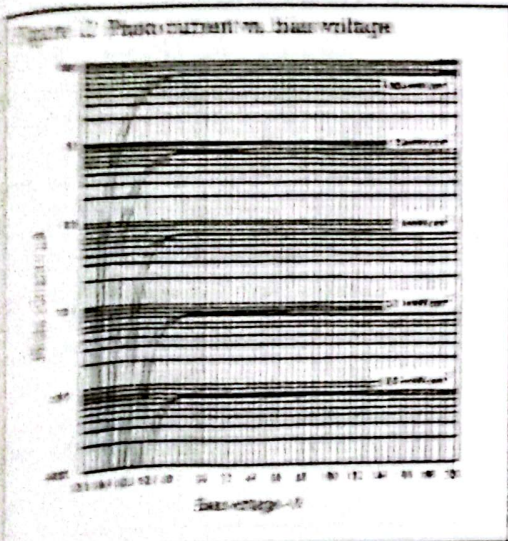
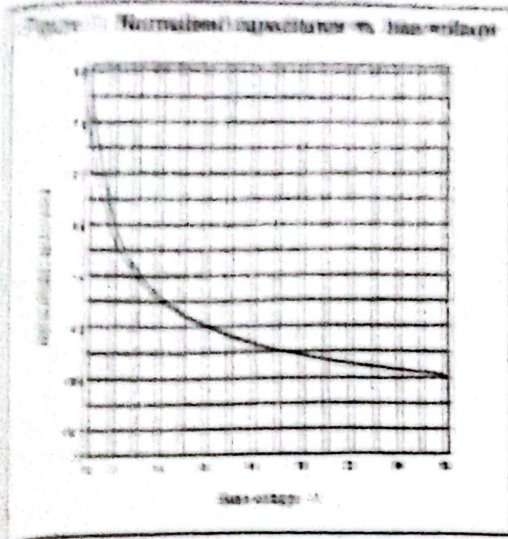


Figure 10 Open circuit voltage vs. irradiation





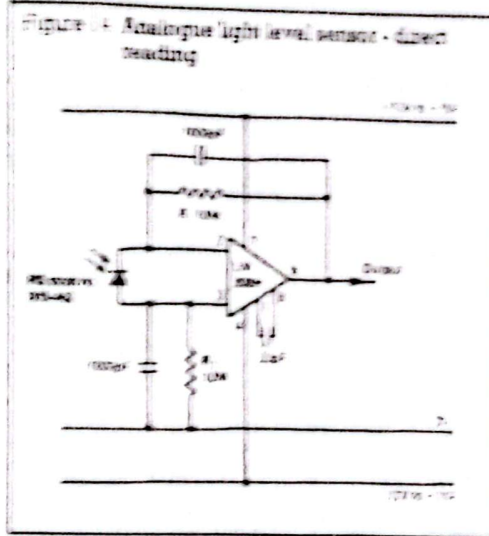
Typical applications

Analogous light level sensor - direct reading

Low signal level current or voltage built in J1 J2 or J33 (read types) can be used as give steady dc indication of light levels and necessary for photometric applications, positional measurements, velocimeters and reflection coefficients etc.

The values shown give approximately 100mV/cm<sup>2</sup> of irradiation. The value of J1 and J2 may be reduced or gain sensitivity but should be kept equal. For values less than 100mV a low capacitance amplifier may be used eg. 487A.

The 1000Ω resistors may be increased to reduce ripple from ac lighting or improve response time accordingly.



ac coupled analogue sensor for optical communications links

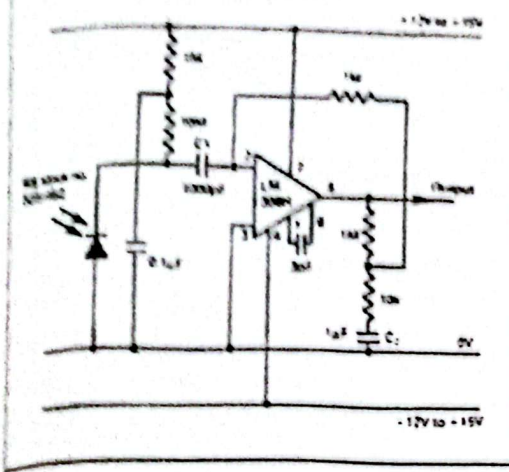
A stage of amplification giving the substantial gain necessary for optical communication links is implemented as shown. An op amp with low input bias currents such as LM318 or an FET input type is necessary.

The input ac coupling (C1) gives a dc isolation of steady ambient conditions and C2 minimises effects of other voltages both such lower break frequencies are below 10Hz.

Upper frequency response is approximately 30Hz and as sensitivity is 100mV/Watt. A buffer amplifier buffer stage is necessary to drive a load of 100kΩ or greater.

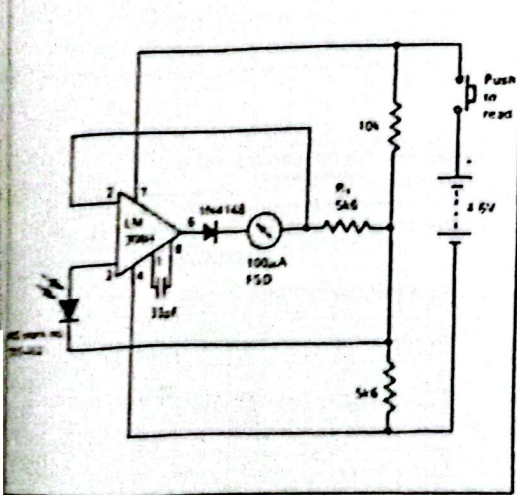


Figure 15 ac coupled analogue sensor for optical communications links



**Logarithmic detector for exposure meter**  
 Feeding the RS stock no. 305-462 into a high impedance gives a logarithmic voltage/illumination response. The circuit shown is the basis for a simple battery-operated exposure meter. At very low light levels where the amplifier bias current may cause the output to go negative, a diode avoids the spurious state of negative indication. The movement may be calibrated in photographic scales, one stop being approximately 7 $\mu$ A. Sensitivity can be trimmed by adjusting R1.

Figure 16 Logarithmic detector for exposure meter



**BFX 65 high speed photodiode**

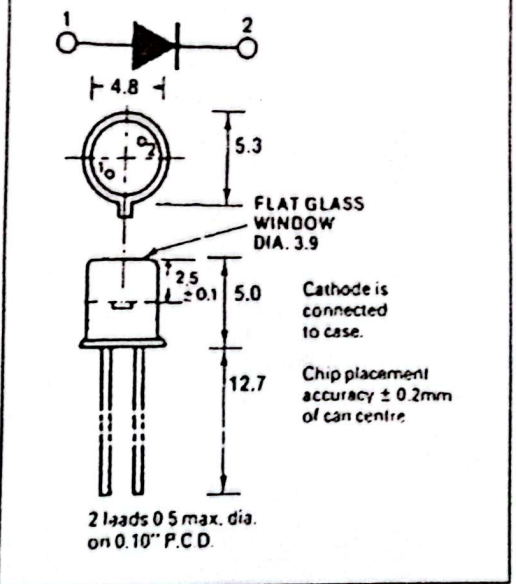
(RS stock no. 304-346)

The BFX 65 is a planar silicon PIN photodiode housed in a modified TO-18 case incorporating a plain glass flat window which has no influence on the beam path of optical lens systems. The cathode is electrically connected to the case. Because the BFX 65 is capable of detecting wide bandwidth signals due to its excellent high frequency response, this coupled with its high sensitivity makes the device ideal for signal detection applications. This photodiode is outstanding for low junction capacitance and short switching times.

**Absolute maximum ratings**

- at +25°C (unless stated)
- Reverse voltage  $V_r$  \_\_\_\_\_ 50V
- Forward current  $I_f$  \_\_\_\_\_ 10mA (200mA pulsed 1 $\mu$ s 1% duty cycle)
- Operating temperature range \_\_\_\_\_ -25°C to +70°C
- Storage temperature range \_\_\_\_\_ -55°C to +125°C
- Junction temp.  $T_j$  \_\_\_\_\_ +125°C
- Power dissipation  $P_d$  \_\_\_\_\_ 250mW (derate linearly 2.5mW/°C above +25°C)

**Shape and dimensions**





Electrical characteristics at +25°C (unless stated)

Parameter	Test conditions	min.	typ.	max.	units
A	Radiant sensitive area				mm <sup>2</sup>
$\lambda_{s,max}$	Wavelength of max sensitivity		660		nm
$R_s$	Responsivity	$\lambda = 450\text{nm}$	0.2		A/W
		$\lambda = 900\text{nm}$	0.55		A/W
		$\lambda = 1064\text{nm}$	0.15		A/W
$t_r$	Response time (10-90% level)	$R_s = 50\Omega, V_s = 20V, \lambda = 900\text{nm}$	0.5	1	ns
$C_s$	Capacitance $V_s = 20V$		15		pF
		$V_s = 1V$		12	pF
		$V_s = 20V$		3.5	pF
$f_c$	Cut-off frequency		500		MHz
$I_d$	Dark current	$V_s = 20V, \text{Dark } (E=0)$	1	5	nA
S	Spectral sensitivity	$V_s = 20V, \text{ see Note 1}$	7	10	nA/lx
NEP	Noise equivalent power	$V_s = 20V$		$3.6 \times 10^{-14}$	W/Hz

Note: The illuminance indicated refers to unfiltered radiation of a tungsten filament lamp at a colour temperature of 2856K (standard light A) in accordance with DIN 5033 and IEC publ. 306-1)

Typical performance curves

Figure 17 Normalised spectral responses ( $\lambda$ ) and quantum yield  $\eta$  ( $\lambda$ )

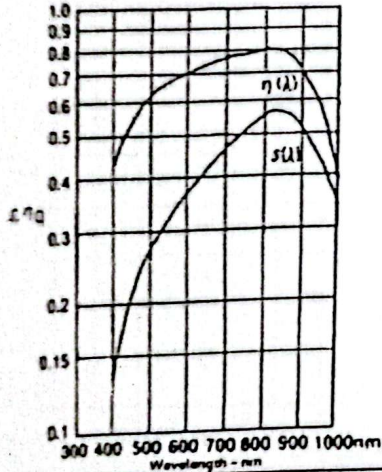


Figure 19 Polar sensitivity curve

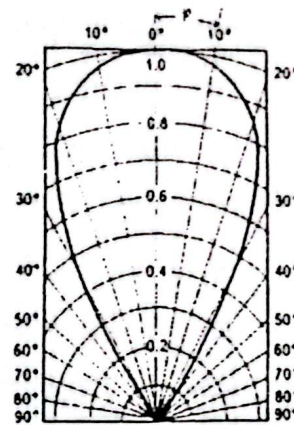


Figure 18 Variation of output current with illumination

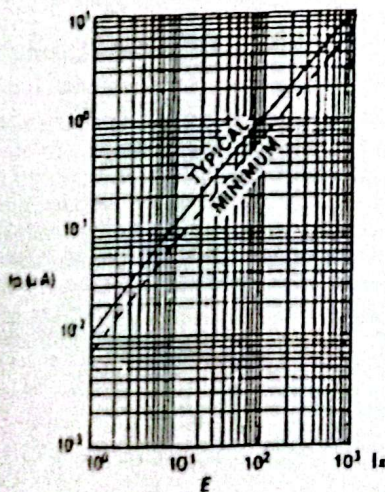


Figure 20 Variation of diode dark current with reverse voltage

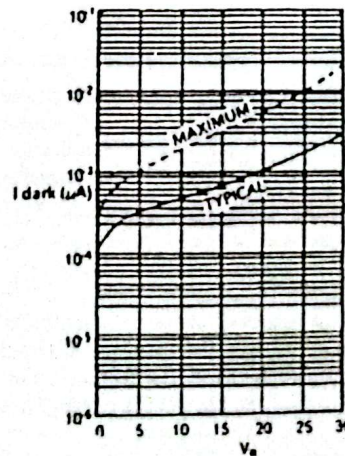




Figure 21 Variation of output current with temperature

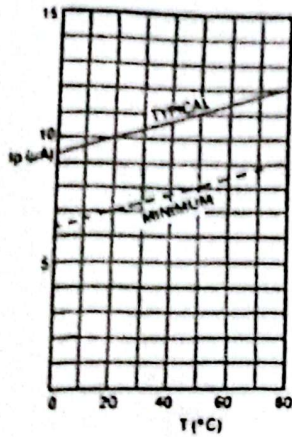


Figure 23 Permissible power dissipation

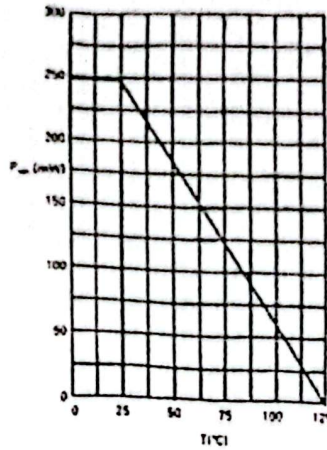


Figure 22 Variation of diode capacitance with reverse voltage

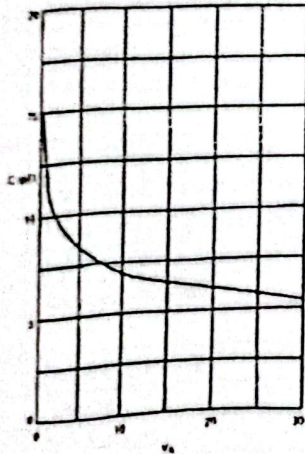
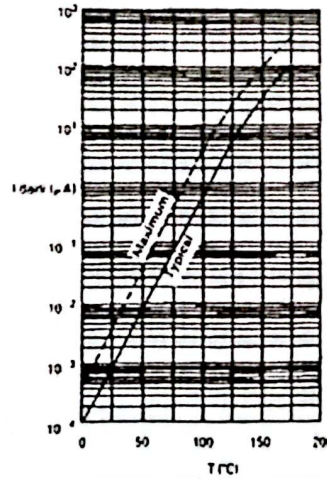


Figure 24 Variation of dark current with diode temperature



**EPW21 photodiode**

(RS stock no. 303-719)

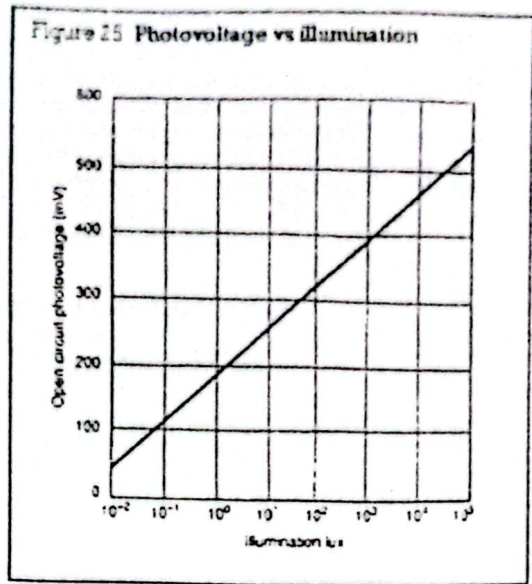
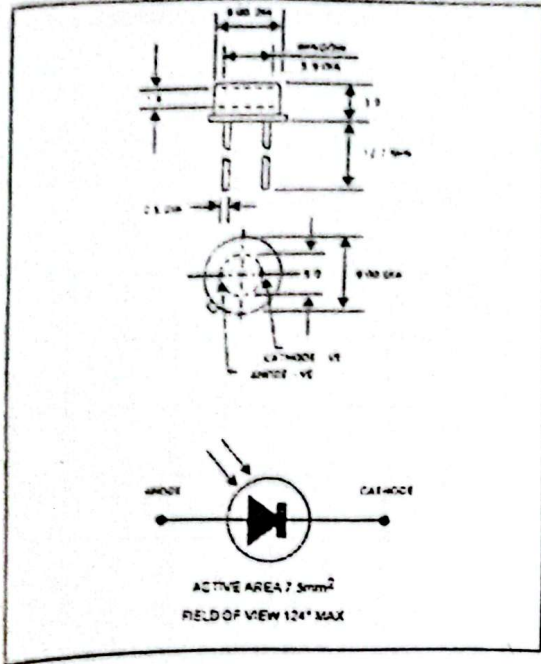
A silicon photodiode housed in an hermetically sealed case with a flat window incorporating built-in colour correction. Sensitivity approximating the human eye response. Linear current (short circuit) versus illumination. Log. voltage versus illumination. This photodiode is designed for use in the photoamperic mode and is ideally suited for use in light monitoring and control, optical instrumentation and camera control.

**Absolute maximum ratings**

Ambient temperature range \_\_\_\_\_ -25°C to +100°C  
 Reverse voltage,  $V_R$  \_\_\_\_\_ 10V  
 Open circuit voltage \_\_\_\_\_ 650mV  
 Power dissipation (at 25°C),  $P_d$  \_\_\_\_\_ 250mW  
 Illuminance,  $E$  \_\_\_\_\_ 10<sup>4</sup> lux

**Features**

- Response approximating to the human eye
- Photovoltaic cell operation
- Linear output current versus illumination
- Hermetically sealed TO5 case



(For standard Illuminant A, 1000 Lux = 4.75mW/cm²)

Electrical characteristics at 25°C

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$S_A$	Sensitivity (short circuit) $R_L = 100\Omega$ $E_A = 10^2$ to $10^3$ lux*	4.5	7		nA/Lux
$V_{oc}$	Photovoltage (open circuit) $E_A = 1$ Lux*		350	350	mV
$T_{i, I_{sc}}$	Temp. Coeff. of short circuit current $E_A = 1$ K Lux*		-0.05		%/°C
$T_{i, V_{oc}}$	Temp. Coeff. of open circuit voltage $R_L = 100\Omega$ $E_A = 1$ K Lux*		-2		mV/°C
$\lambda_p$	Peak wavelength sensitivity		560		nm
	Spectral bandwidth	50% sensitivity upper limit	680		nm
		50% sensitivity lower limit	440		nm
	Junction capacitance $V_A = 0V$		490		pF
$t_r$	Rise time $R_L = 1K\Omega$ $V_A = 5V$		1.0		μs
$I_D$	Dark current $R_L = 1K\Omega$ $V_A = 5V$		2	30	nA
NEP	Noise equivalent power $V_A = 5V$		$1.4 \times 10^4$		Lux/√Hz

\*The illuminance indicated refers to unfiltered radiation of a tungsten filament lamp at a colour temperature of 2850°K (standard light A in accordance with DIN 5033 and IEC publ 306-1).

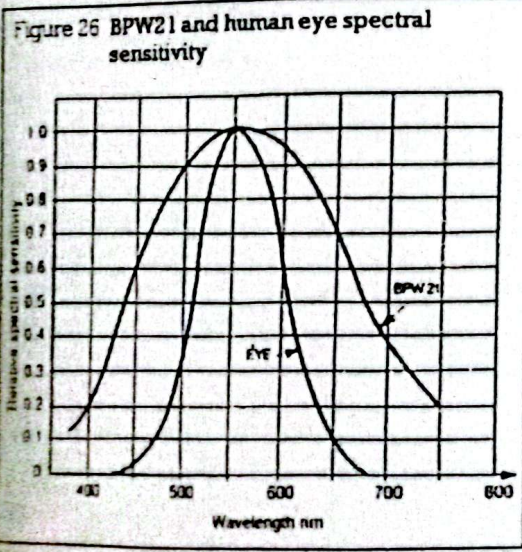
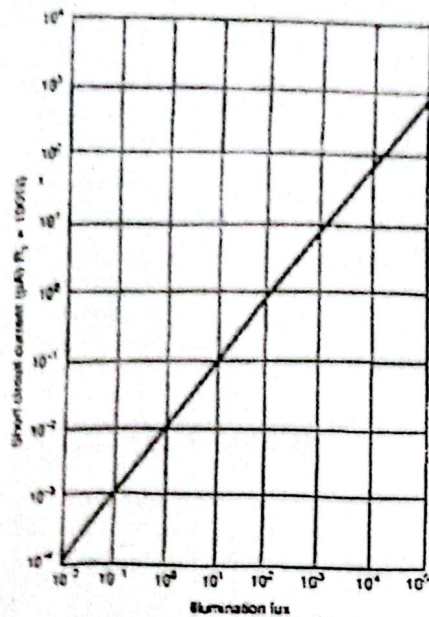


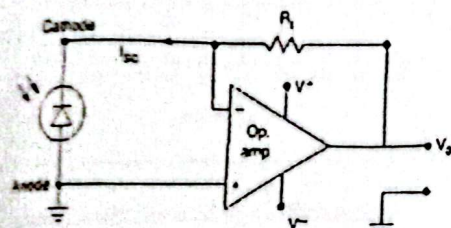


Figure 27 Photocurrent vs illumination



Typical photovoltaic connection

Figure 28



$$V_o = R_f I_{sc}$$

$$V_o = E_s S_1$$

$$V_o = R_f E_s S_1$$

where  
 $V_o$  = Signal output voltage, V  
 $R_f$  = Feedback resistance,  $\Omega$   
 $I_{sc}$  = Photodiode short circuit current, A  
 $E_s$  = Incident illumination, lux  
 $S_1$  = Photodiode sensitivity,  $A_{Max}$

**Quadrant silicon photodiode**

(RS stock no. 652-027)

A silicon photodiode containing four separate sensing elements (with commoned cathodes) arranged one per quadrant. The output voltage of each quadrant is available separately enabling null conditions to be detected with equal degrees of shading. The device is hermetically sealed in a TO5 package which incorporates the pcb pin connections.

**Absolute maximum ratings**

- dc reverse voltage \_\_\_\_\_ 15V
- Peak pulse current (1  $\mu$ s, 1% duty cycle) \_\_\_\_\_ 200mA
- Peak dc current \_\_\_\_\_ 10mA
- Storage temperature range \_\_\_\_\_ -45°C to +100°C
- Operating temperature range \_\_\_\_\_ -25°C to +75°C
- Lead temperature soldering (5s) \_\_\_\_\_ +200°C

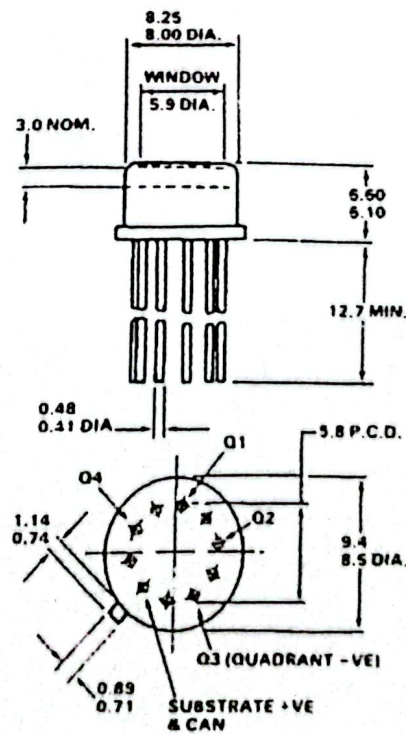
**Features**

- High blue sensitivity and shunt resistance
- Suitable for low light level applications
- TO5 package incorporating pcb pin connections

**Applications**

- High accuracy position sensing
- Alignment
- Optical surveying

**Pin connections and dimensions**

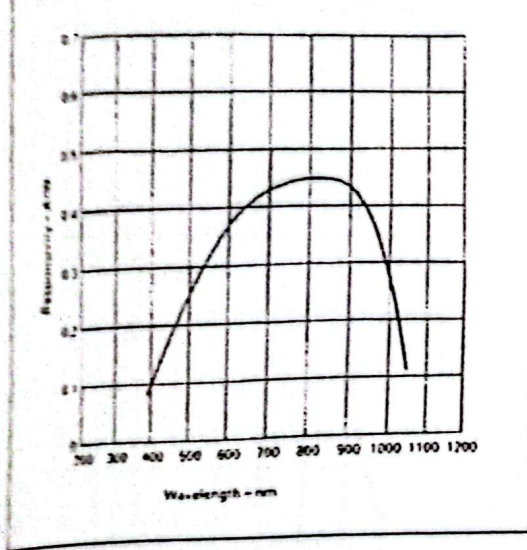


NOTE  
 DIMENSION\* REFERS TO  
 DISTANCE BETWEEN WINDOW AND ACTIVE  
 AREA. NO CONNECTION SHOULD BE MADE  
 TO UNSPECIFIED PINS

Specification

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Operating voltage				12	V
Dark current	$V_b = 1V$		0.03	3	$\mu A$
Capacitance	$V_b = 0V$		80	100	pF
Sensitivity	800nm $V_b = 1V$	0.42	0.45		A/W
Rise time	0-70% 564nm, $V_b = 10V$ , 100 $\Omega$ load			<15	ns
Peak wavelength			800		nm
Spectral response range		400		900	nm
Noise equivalent power	800nm		$1 \times 10^{-11}$		W/Hz <sup>1/2</sup>
Active diameter			3		mm
Total active area			7		mm <sup>2</sup>
Metallogical separation			300		$\mu m$

Figure 26 Typical spectral response



15mm<sup>2</sup> silicon photodiode

(RS stock no. 194-076)

A 15mm<sup>2</sup> silicon photodiode housed in an hermetically sealed TO5 package. This device is ideal for low light level applications where a very high signal to noise ratio is important such as light monitoring and control applications.

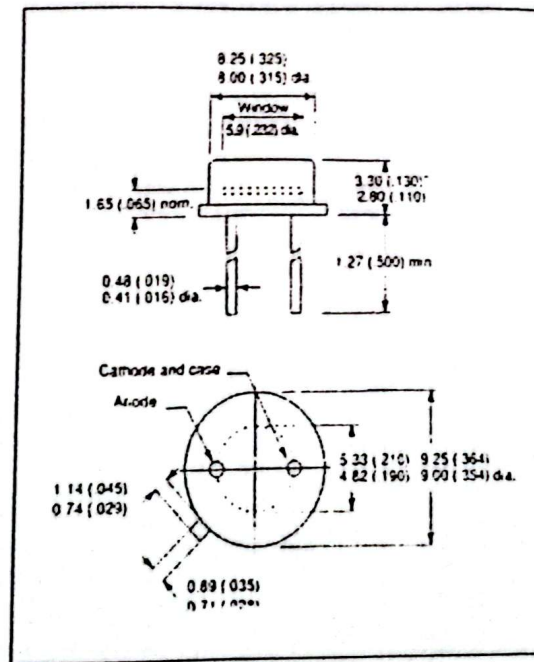
It may be operated photovoltaically or with a reverse bias of up to 12V where lower capacitance is needed.

Electrical/Optical specifications

Characteristics measured at 22°C (±2) ambient, and a reverse bias of 12 volts, unless otherwise stated. Shunt resistance measured at ±10mV.

Absolute maximum ratings

	Max. rating
dc reverse voltage	15V
Peak pulse current (Typ. 1% duty cycle)	200mA
Peak dc current	10mA
Storage temperature range	-45°C to +100°C
Operating temperature range	-25°C to +75°C
Soldering temperature for 5 seconds max.	200°C

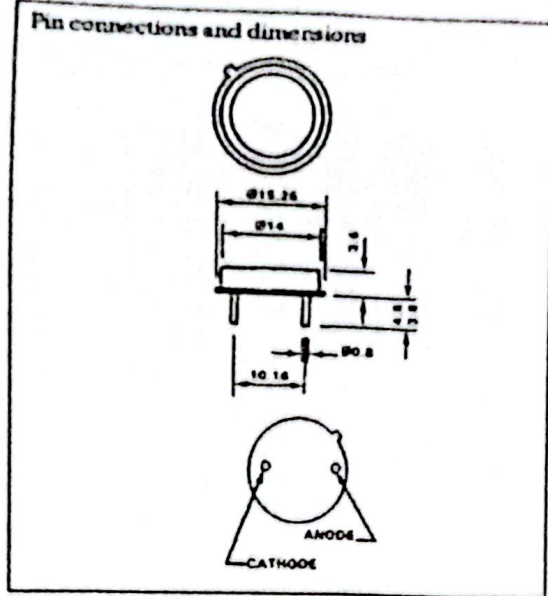
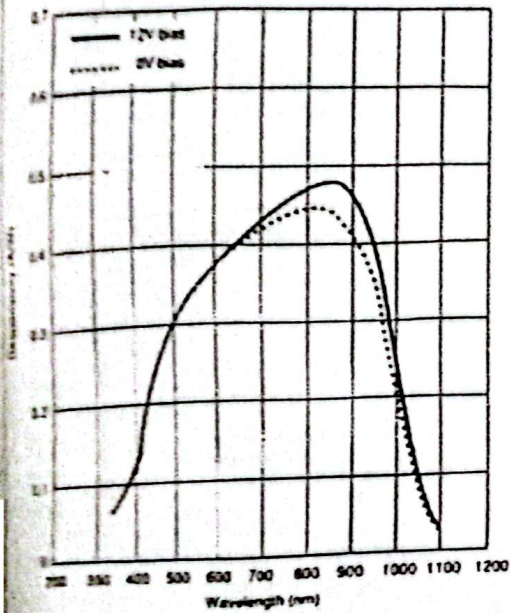




Single elements

Active area	15mm <sup>2</sup> 3.8 x 3.8mm		
Responsivity A/W λ = 438nm	Min.	Typ.	Max.
Dark current	0.18	0.21	
Dark current		3nA	10nA
NEP with λ = 438nm V <sub>b</sub> = 0V		2.8 x 10 <sup>-11</sup>	
Capacitance pF V <sub>b</sub> = 0V			390
Capacitance pF V <sub>b</sub> = 10V			80
Shunt resistance megohm	35	300	
Capacitance at λ = 800nm R = 50Ω		12	

Figure 30 Typical spectral response



Medium area photodiode

(RS stock no. 651-995)

The RS stock no. 651-995 is a high speed, medium area, silicon photodiode mounted in an hermetically sealed TO5 package. The device is ideal for reduced light applications including brightness control, edge detectors, colour grading etc

Absolute maximum ratings

- Reverse voltage \_\_\_\_\_ 60V
- Operating temperature range \_\_\_\_\_ -40°C to +70°C
- Storage temperature range \_\_\_\_\_ -55°C to +125°C
- Lead temperature soldering (5s) \_\_\_\_\_ +200°C

Electrical characteristics at +22°C ± 3°C unless otherwise stated

Parameter	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Active sensitive area			11.3		mm <sup>2</sup>
Wavelength of maximum sensitivity		760	800	890	nm
Peak responsivity	800 nm	0.4	0.5		A/W
Dark current	V <sub>b</sub> = 1V		4.0	20	nA
	V <sub>b</sub> = 20V		40	200	nA
Capacitance	V <sub>b</sub> = 0V		325	400	pF
	V <sub>b</sub> = 10V		91.5	113	pF
	V <sub>b</sub> = 20V		71	87.5	pF
Response time	V <sub>b</sub> = 10V, R <sub>L</sub> = 100Ω		25	40	ns
Temperature coefficient of responsivity	(0°C to +70°C)		0.35		%/°C
Temperature coefficient of dark current	(0°C to +70°C)		x2		per +10°C

Typical performance curves

Figure 31 Normalised capacitance vs bias voltage

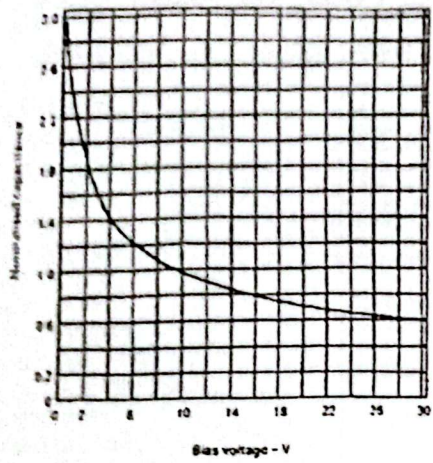


Figure 32 Open circuit voltage vs irradiation

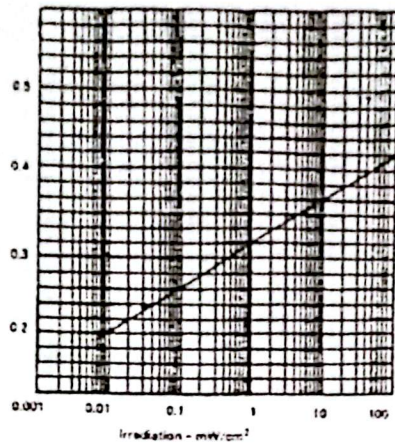
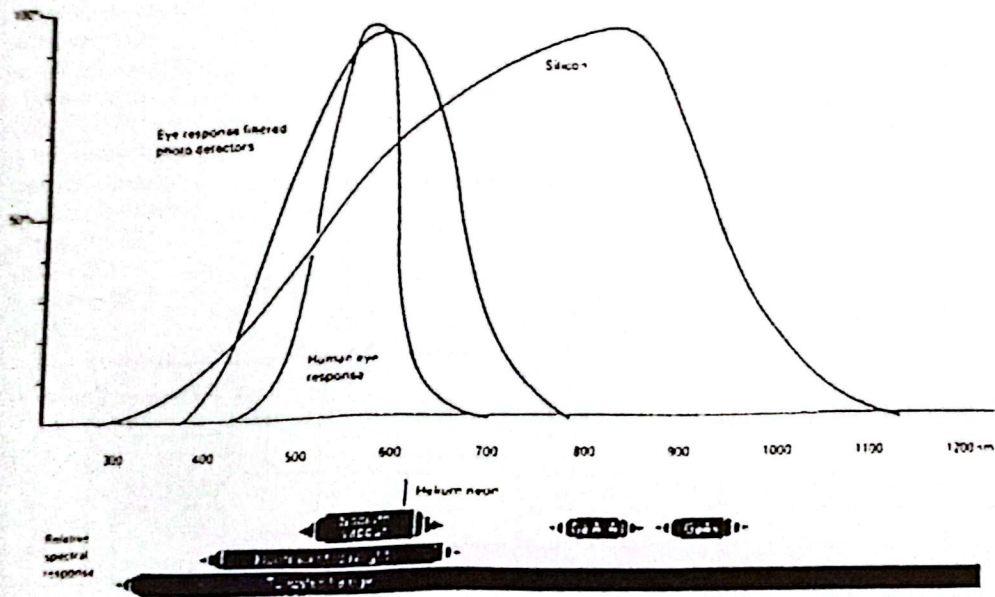


Figure 33 Relative spectral response





# LAMPIRAN

## PENGUAT OPERASI (OP-AMP) LINIER DARI NATIONAL SEMICONDUCTOR

LM741 — LM741A — LM741C — LM741E

Deskripsi umum:  
Serii LM741 adalah penguat operasi untuk keperluan umum yang kualitasnya melebihi standar industri sejenis LM740. Dalam banyak penerapannya, mereka merupakan pengganti langsung tipe-tipe 709C, MC 1401, MC 1439 dan 748. Penguat-penguat itu memiliki sifat-sifat yang membolehkan operasinya tidak akan gagal; ada proteksi beban-beban-lebih di dalamnya dan juga di dalamnya, tidak akan rusak apabila jangkah mode tunggal (common mode) dilampaui; juga bebas dari osilasi. LM741C/LM741E adalah identik dengan LM741/LM741A, kecuali bahwa LM741C/LM741E memiliki kualitas yang terjamin dalam jangkang suhu antara 0°C hingga +70°C, dan kualitasnya antara -55°C hingga +125°C.

Batas maksimum yang tidak boleh dilampaui:

Terd Maksimum Mutlak	LM741A	LM741E	LM741	LM741C
Tegangan Beban	±27V	±27V	±27V	±18V
Beban Daya	500 mW	500 mW	500 mW	500 mW
Tegangan masukan diferensial	±30V	±30V	±30V	±30V
Tegangan masukan	±15V	±15V	±15V	±15V
Lama Hidup (Tipe) Isyarat	Indefinit	Indefinit	Indefinit	Indefinit
Jumlahnya suhu operasi	-55°C to +125°C	0°C to +70°C	-55°C to +125°C	0°C to +70°C
Jumlahnya suhu simpan	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C	-65°C to +150°C
Suhu Simpan	300°C	300°C	300°C	300°C

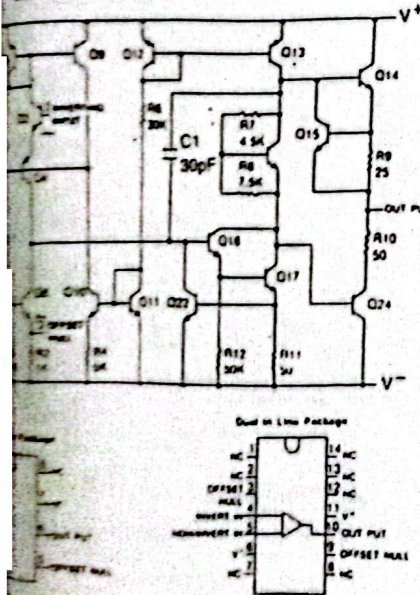
(Peningkatan 10 detik)

Pemborosan (disipasi) daya:  
LM741A: 500 mW untuk semua tipe.

Tegangan masukan: ±15 V untuk semua tipe.

### Karakteristik Elektrik

PARAMETER	CONDITIONS	LM741A/LM741E			LM741			LM741C			UNIT
		MIN	Typ	MAX	MIN	Typ	MAX	MIN	Typ	MAX	
Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$										mV
	$R_g \leq 10k\Omega$				0.1	2.0	1.0	5.0	2.0	5.0	mV
	$R_g \leq 50k\Omega$					1.0					mV
	$T_{\text{AMAX}} \leq T_A \leq T_{\text{AMIN}}$					0.0				7.5	mV
Average Input Offset Current Drift	$T_A = 25^\circ\text{C}$			15							$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
	$T_A = 25^\circ\text{C}, V_g = \pm 20\text{V}$			10			115		115		$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		2.0	20		20	200		20	200	$\mu\text{A}$
	$T_{\text{AMAX}} < T_A < T_{\text{AMIN}}$			10		10	100		10	100	$\mu\text{A}$
Average Input Offset Current Drift	$T_A = 25^\circ\text{C}$			0.1							$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
	$T_A = 25^\circ\text{C}$		20	80		80	500		80	500	$\mu\text{A}$
Input Resistance	$T_A = 25^\circ\text{C}$		1.0	0.0		0.2	2.0		0.2	2.0	$10^3\Omega$
	$T_{\text{AMAX}} \leq T_A \leq T_{\text{AMIN}}$			0.1							$10^3\Omega$
Input Voltage Range	$T_A = 25^\circ\text{C}$					112	112		112	112	V
	$T_{\text{AMAX}} \leq T_A \leq T_{\text{AMIN}}$										V
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25^\circ\text{C}, R_L \geq 2k\Omega$		50								V/mV
	$V_g = \pm 20\text{V}, V_o = \pm 15\text{V}$					50	200		20	200	V/mV
	$V_g = \pm 15\text{V}, V_o = \pm 10\text{V}$								15		V/mV
	$T_{\text{AMAX}} \leq T_A \leq T_{\text{AMIN}}, R_L \geq 2k\Omega$										V/mV
Output Voltage Swing	$V_g = \pm 20\text{V}$										V
	$R_L \geq 10k\Omega$										V
Output Short-Circuit Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		10	75		75			25		mA
	$T_{\text{AMAX}} < T_A < T_{\text{AMIN}}$			10							mA
Common-Mode Rejection Ratio	$T_A = 25^\circ\text{C}$					70	60		70	60	dB
	$R_g = 50k\Omega, V_{CM} = \pm 12\text{V}$					60	55				dB
Supply Voltage Rejection Ratio	$T_A = 25^\circ\text{C}$										dB
	$V_g = \pm 12\text{V}, V_o = \pm 15\text{V}$										dB
Frequency Response	$T_A = 25^\circ\text{C}$										dB
	Unity Gain		0.75	0.0		0.1			0.3		%
Gain Bandwidth Product	$T_A = 25^\circ\text{C}$		5.0	20		1			1		MHz
	Unity Gain		0.1	1.0							MHz
Slew Rate	$T_A = 25^\circ\text{C}$		0.3	0.1		0.5			0.5		V/ $\mu\text{s}$
	Unity Gain					1.7	2.0		1.7	2.0	MA
Power Consumption	$T_A = 25^\circ\text{C}$										mW
	$V_g = \pm 15\text{V}$			50		50	50		50	50	mW
LM741A	$T_A = 25^\circ\text{C}$										mW
	$V_g = \pm 15\text{V}$			100		100	100		100	100	mW
LM741E	$T_A = 25^\circ\text{C}$										mW
	$V_g = \pm 15\text{V}$			100		100	100		100	100	mW
LM741	$T_A = 25^\circ\text{C}$										mW
	$V_g = \pm 15\text{V}$			60		60	60		60	60	mW





**741**  
276-007

**OPERATIONAL AMPLIFIER**



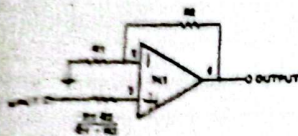
**GENERAL DESCRIPTION**

The 741 series are general purpose operational amplifiers which feature improved performance over industry standards. The amplifiers offer many features which make their application nearly foolproof: overload protection on the input and output, no latch-up when the common mode range is exceeded, as well as freedom from oscillations.

**ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS**

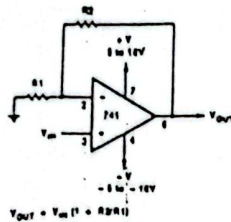
Supply Voltage	±16V
Power Dissipation	500 mW
Differential Input Voltage	±30V
Input Voltage	±15V
Output Short Circuit Duration	Indefinite
Operating Temperature Range	0 to +70°C
Storage Temperature Range	-65 to +150°C
Soldering Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C

**TYPICAL APPLICATIONS**



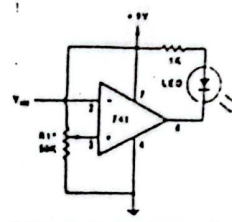
RESISTOR	R1	R2	AV	RAO
10K	10K	10K	100K/10K	100K/10K
100K	100K	100K	100K/100K	100K/100K

Non-inverting Amplifier



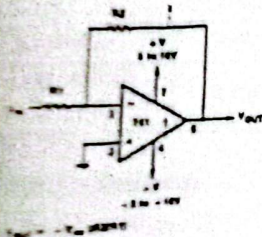
$V_{out} = V_m (1 + R2/R1)$

Non-inverting Amplifier

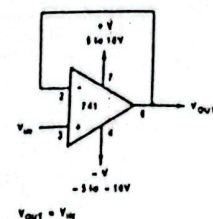


\*R1 sets the voltage detection threshold up to +5V. When Vm exceeds the threshold potential, the LED glows.

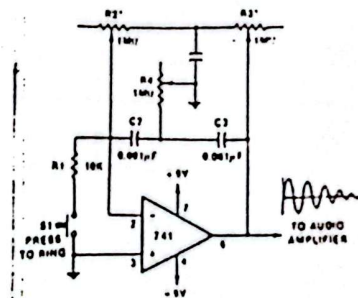
Level Detector



Inverting Amplifier

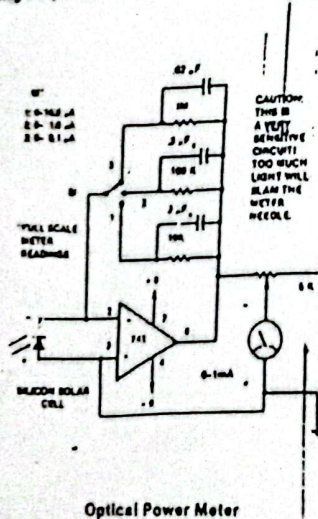


Unity Gain Follower

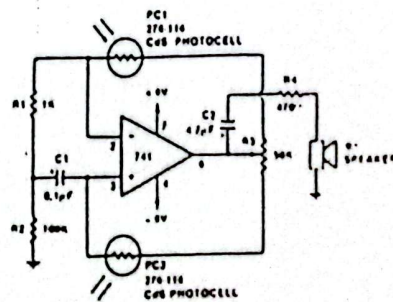


\*Adjust R2 to just below oscillation point. Adjust R2 and R3 for sounds such as bell, drum, tinkling, etc.

Electronic Bell



Optical Power Meter



Light on PC1 decreases tone frequency  
Light on PC2 increases tone frequency

Audible Light Sensor



## CROSS REFERENCE GUIDE

### 6. Operational Amplifier

APPLICATION	SAMSUNG	MOTOROLA	NATIONAL	MATSUSHITA	FAIRCHILD	Others
Single OP Amplifier	*KA2501	•MC1741	•LM741		• $\mu$ A 741	
Dual OP Amplifier	*KA2558	•MLM358	•LM358	•AN6562	• $\mu$ A 1458	•NJM4558
Quad OP Amplifier	*KA2504	•MLM324	•LM324	•AN6564	• $\mu$ A 3503	

### 7. Miscellaneous ICs

APPLICATION	SAMSUNG	SIGNETICS	NATIONAL	mitsubishi	NEC	Others
Toy Radio Control Actuator	KA2301					Custom Design
DC Motor Speed Controller	KA2401				•UPC1470H	LA5511
Timer	KA2555	•NE555	•LM555			•MC1455
One Shot Timer	*KA2556	•NE556	•LM556			
Earth Leakage Detector	KA2603			•M54123		• $\mu$ A7390

\*Direct Replacement

\*New Product

\*Under Development

4. Operational Amplifier

Function	Type	Package	Features	Application
OP AMP	*KA2501	8Dip	Internal frequency compensation Short circuit protection Input bias current 500nA(max) Input offset current 200nA(max)	Comparator, DC amp Multivibrator, Summing amp Integrator or differentiator Narrow band or BPF
Dual OP AMP	*KA2558	8Dip	Internal frequency compensation Short circuit protection Low noise operation	Phone pre-amplifier Tape playback amplifier Schmitt trigger
Dual OP AMP	*KA2504	14Dip	Internal frequency compensation Wide supply voltage range Single supply: DC 3V-30V Dual supply: DC $\pm 1.5V$ - $\pm 15V$	Audio power booster DC amp, Multivibrator Switching, Comparator Schmitt trigger

4.3 Terminal Positive Voltage Regulator

Function	Type	Package	Features	Application
High output current (Io = 1A)	KA78xx series	TO-220	Maximum output current 1A External components are minimized Internal protection circuit for output short Positive voltage regulator Variable application circuit	5V, 6V, 8V, 8.5V, 12V, 15V, 18V and 24V fixed output voltage
Medium output current (Io = 500mA)	KA78Mxx Series	TO-220	Maximum output current 500mA External components are minimized Internal protection circuit for output short Positive voltage regulator Variable application circuit	5V, 6V, 8V, 10V, 12V, 15V, 18V and 24V fixed output voltage

5. Miscellaneous ICs

Function	Type	Package	Features	Application
Toy Radio Control Actuator	KA2301	9Sip	High gain amplifier Peak detector Comparator with hysteresis Regulator motor driver	Exclusive custom design
DC Motor Speed Controller	KA2401	8Dip	Stable voltage reference Reflection coefficient K=20 (Typ)	Medium voltage (6V)
Timer	KA2555	8Dip	Maximum operating frequency 500KHz Adjustable duty cycle	Precision timing Pulse generator
Dual Timer	*KA2556	14Dip	TTL compatible Astable and monostable modes	Sequential timing Time delay generation
Earth Leakage Detector	KA2803	8Dip	Low power consumption High noise immunity Few external components	Earth leakage detector

\*New Product  
\*\*Under Development



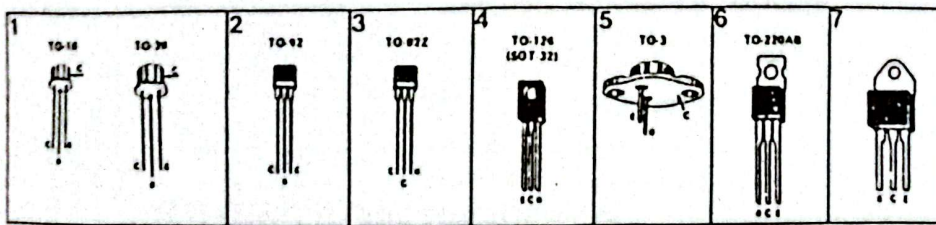
IC LINEAR		REGULATOR TEGANGAN															
	<p>301 318 709 741 CA 3130 CA 3143 LF 355/356 TL 071/061</p>	 <p>7805 7806 7808 7812 7815 7818 7824</p> <p><math>I_{out} = 1 A</math></p>	 <p>7905 7906 7908 7912 7915 7918 7924</p> <p><math>I_{out} = -1 A</math></p>														
		 <p>78M05 78M06 78M08 78M12 78M15 78M18 78M24</p> <p><math>I_{out} = 500 mA</math></p>	 <p>79M05 79M06 79M08 79M12 79M15 79M18 79M24</p> <p><math>I_{out} = -500 mA</math></p>														
		 <p>78L05 78L06 78L08 78L12 78L15 78L18 78L24</p> <p><math>I_{out} = 100 mA</math></p>	 <p>79L05 79L06 79L08 79L12 79L15 79L18 79L24</p> <p><math>I_{out} = -100 mA</math></p>														
		<p><math>U_{in} = 5 V</math></p> <p>LM 309K <math>I_{out} = 1 A</math> LM 323K <math>I_{out} = 3 A</math></p>	<p><math>U_{out} = -5 V</math></p> <p><math>I_{out} = -3 A</math></p>														
CA 3080	LM 13600	<p><math>U_{in} = 1.2 V \dots 3 V</math></p> <p>LM 317K <math>I_{out} = 1.5 A</math></p>	<p>LM 723</p> <p><math>I_{out} = 200 mA</math> <math>U_{out} = \dots 37 V_{max}</math> <math>U_{ref} = 7.15 V</math> <math>U_Z = 6.2 V</math></p>														
		<p><math>U_{in} = 2.85 V \dots 40 V</math></p> <p>LM 700 <math>I_{out} = 2 A</math></p>															
<p>Mosfet </p> <p>Transistor </p> <p>Sumber: L. Sampok alias</p>		<p>Langkah tegangan kerja</p> <table border="0"> <tr> <td>7805 - 8 V ... 35 V</td> <td>7905 - -8 V ... -35 V</td> </tr> <tr> <td>7806 - 9 V ... 35 V</td> <td>7906 - -9 V ... -35 V</td> </tr> <tr> <td>7808 - 11 V ... 35 V</td> <td>7908 - -11 V ... -35 V</td> </tr> <tr> <td>7812 - 15 V ... 35 V</td> <td>7912 - -15 V ... -35 V</td> </tr> <tr> <td>7815 - 18 V ... 35 V</td> <td>7915 - -18 V ... -35 V</td> </tr> <tr> <td>7818 - 21 V ... 35 V</td> <td>7918 - -21 V ... -35 V</td> </tr> <tr> <td>7824 - 27 V ... 40 V</td> <td>7924 - -27 V ... -40 V</td> </tr> </table>		7805 - 8 V ... 35 V	7905 - -8 V ... -35 V	7806 - 9 V ... 35 V	7906 - -9 V ... -35 V	7808 - 11 V ... 35 V	7908 - -11 V ... -35 V	7812 - 15 V ... 35 V	7912 - -15 V ... -35 V	7815 - 18 V ... 35 V	7915 - -18 V ... -35 V	7818 - 21 V ... 35 V	7918 - -21 V ... -35 V	7824 - 27 V ... 40 V	7924 - -27 V ... -40 V
7805 - 8 V ... 35 V	7905 - -8 V ... -35 V																
7806 - 9 V ... 35 V	7906 - -9 V ... -35 V																
7808 - 11 V ... 35 V	7908 - -11 V ... -35 V																
7812 - 15 V ... 35 V	7912 - -15 V ... -35 V																
7815 - 18 V ... 35 V	7915 - -18 V ... -35 V																
7818 - 21 V ... 35 V	7918 - -21 V ... -35 V																
7824 - 27 V ... 40 V	7924 - -27 V ... -40 V																

# TRANSISTOR AF DAN KEGUNAAN UMUM

Typ	PNP NPN	max UCEO (V)	max Ic (mA)	P <sub>max</sub> (mW)	h <sub>FE</sub> /Ic (mA)	Komp.	Gb.	
BC 107	N	45			> 110	2	BC 177	1
BC 108	N	20	100	300			BC 178	1
BC 109	N						BC 179	1
BC 140	N	60					BC 180	1
BC 141	N	60	1000	3700	> 40	100	BC 181	1
BC 160	P	40					BC 140	1
BC 161	P	60					BC 141	1
BC 177	P	45			> 70		BC 107	1
BC 178	P	25	100				BC 108	1
BC 179	P	20			> 110		BC 109	1
BC 182	N	50			> 100		BC 212	2
BC 183	N	30					BC 213	2
BC 184	N		200				BC 214	2
BC 212	P	50			> 60	2	BC 182	2
BC 213	P	30			> 80		BC 183	2
BC 214	P				> 140		BC 184	2
BC 237	N	45	100				BC 207	2
BC 238	N	20			> 110		BC 208	2
BC 239	N	50					BC 209	2
BC 307	P	45	100		> 70		BC 237	2
BC 308	P	25					BC 238	2
BC 309	P	20	50				BC 239	2
BC 327	P	45					BC 337	2
BC 328	P	25	500	800	> 100	100	BC 338	2
BC 329	P	45					BC 327	2
BC 338	N	25					BC 328	2
BC 414	N	50	100	300	> 100	2	-	2
BC 416	P				> 120		-	2
BC 516	P	30	400	625	> 30 000	20	BC 517	2
BC 517	N						BC 516	2
BC 546	N	65			> 110		BC 566	2
BC 547	N	45					BC 557	2
BC 548	N	30					BC 558	2
BC 549	N	45			> 200		-	2
BC 550	N	45					-	2
BC 554	P	65	100	500		2	BC 546	2
BC 557	P	45			> 75		BC 547	2
BC 558	P	30					-	2
BC 559	P				> 125		-	2
BC 560	P	45					-	2
BC 639	N	80	1000	1000	> 40	150	BC 640	3
BC 640	P						BC 639	3

Catatan:  
 1) derlington  
 2) max. U<sub>CEO</sub>:  
 ... A - 60 V  
 ... B - 80 V  
 ... C - 100 V

Typ	PNP NPN	max UCEO (V)	max Ic (A)	P <sub>max</sub> (mW)	h <sub>FE</sub> /Ic	Komp.	Gb.		
8D 131	N						8D 132	4	
8D 132	P						8D 131	4	
8D 135	N	45	3	15		0,5 A	8D 136	4	
8D 136	P						8D 135	4	
8D 137	N						8D 138	4	
8D 138	P	60	1	8	> 40	0,15 A	8D 137	4	
8D 139	N						8D 140	4	
8D 140	P						8D 139	4	
8D 169	N	80					8D 170	4	
8D 170	P			1,5	20		8D 169	4	
8D 183	N			15	117	> 20	3 A	-	5
8D 233	N	45					8D 234	4	
8D 234	P						8D 233	4	
8D 235	N	60	2	25		0,15 A	8D 236	4	
8D 236	P						8D 235	4	
8D 237	N	80				40	8D 238	4	
8D 238	P						8D 237	4	
8D 239	N			2	30		8D 240	6	
8D 240	P					0,2 A	8D 239	6	
8D 241	N						8D 242	6	
8D 242	P			3	40	> 25	1 A	8D 241	6
8D 243	N						8D 244	6	
8D 244	P	45	6	65	> 30	0,3 A	8D 243	6	
8D 245	N						8D 246	6	
8D 246	P			10	80	> 40	1 A	8D 245	7
8D 249	N						8D 248	7	
8D 250	P			25	125	> 25	1,5 A	8D 249	7
8D 435	N						8D 436	4	
8D 436	P	32					8D 435	4	
8D 437	N	45				> 85	8D 438	4	
8D 438	P						8D 437	4	
8D 439	N	60	4	36		0,5 A	8D 440	4	
8D 440	P						8D 439	4	
8D 441	N	80				> 40	8D 442	4	
8D 442	P						8D 441	4	
8D 643	N	45					8D 644	7	
8D 644	P						8D 643	7	
8D 645	N	60	8	62,5		3 A	8D 646	7	
8D 646	P						8D 645	7	
8D 675	N	45				> 750	8D 676	4	
8D 676	P						8D 675	4	
8D 677	N	60	4	40		1,5 A	8D 678	4	
8D 678	P						8D 677	4	
8D 679	N	80					8D 680	4	
8D 680	P						8D 679	4	
TIP 31	N			3	40		TIP 32	6	
TIP 32	P						TIP 31	6	
TIP 33	N					> 20	0,5 A	TIP 34	7
TIP 34	P	40	10	80			TIP 33	7	
TIP 35	N			25	125	> 25	1 A	TIP 36	7
TIP 36	P						TIP 35	7	
TIP 41	N						TIP 42	6	
TIP 42	P			6	65	> 20	0,5 A	TIP 41	6
TIP 122	N						TIP 127	6	
TIP 127	P			8			TIP 122	6	
TIP 142	N	100				> 1000	5 A	TIP 147	7
TIP 147	P			15	125			TIP 142	7
TIP 2955	N						TIP 3055	7	
TIP 3055	P			100			TIP 2955	7	
2N3055	N	70	15			> 20	4 A	MJ 2955	5
MJ 2955	P			116				2N3055	5
2N 2955	P	25	100 m	0,3	> 20	10 mA	-	-	7





# CROSS REFERENCE GUIDE

## 3 Terminal Positive Voltage Regulator

Part Number	SAMSUNG	MOTOROLA	FAIRCHILD	NEC	MATSUSHITA	Remark
KA7805 Series (TO-18)	KA7805	MC7805	$\mu$ A7805	$\mu$ PC7805H	AN7805	TO-220
	KA7806	MC7806	$\mu$ A7806		AN7806	
	KA7808	MC7808	$\mu$ A7808	$\mu$ PC7808H	AN7808	
	KA7812	MC7812	$\mu$ A7812	$\mu$ PC7812H	AN7812	
	KA7815	MC7815	$\mu$ A7815	$\mu$ PC7815H	AN7815	
	KA7818	MC7818	$\mu$ A7818	$\mu$ PC7818H	AN7818	
	KA7824	MC7824	$\mu$ A7824	$\mu$ PC7824H	AN7824	
KA7885		$\mu$ A7885				
KA78M05 Series (TO-220)	KA78M05	MC78M05C	$\mu$ A78M05	$\mu$ PC78M05H	AN78M05	TO-220
	KA78M06	MC78M06C	$\mu$ A78M06		AN78M06	
	KA78M08	MC78M08C	$\mu$ A78M08	$\mu$ PC78M08H	AN78M08	
	KA78M10			$\mu$ PC78M10H	AN78M10	
	KA78M12	MC78M12C	$\mu$ A78M12	$\mu$ PC78M12H	AN78M12	
	KA78M15	MC78M15C	$\mu$ A78M15	$\mu$ PC78M15H	AN78M15	
	KA78M18	MC78M18C	$\mu$ A78M18	$\mu$ PC78M18H	AN78M18	
	KA78M24	MC78M24C	$\mu$ A78M24	$\mu$ PC78M24H	AN78M24	

Direct Replacement  
 New Product  
 Under Development

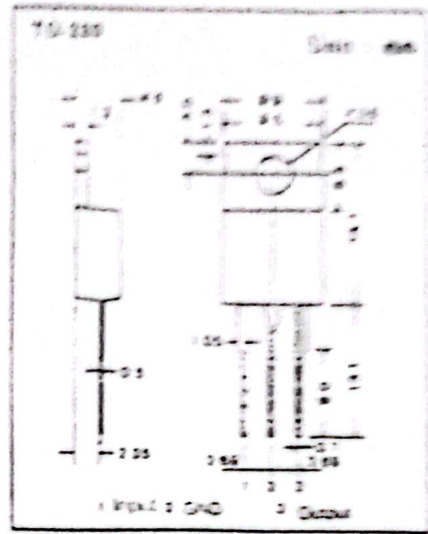
**SAMSUNG SEMICONDUCTOR**

3 TERMINAL 0.5A POSITIVE VOLTAGE REGULATORS

The KAT8MX series of three terminal positive voltage regulators are monolithic integrated circuits designed as fixed-voltage regulators for a wide variety of applications including bulk on-card regulation.

FEATURES

- Internal current limiting
- Thermal shutdown
- Safe area compensation
- Essentially indestructible by overload current
- Maximum 500mA output current



SCHEMATIC DIAGRAM

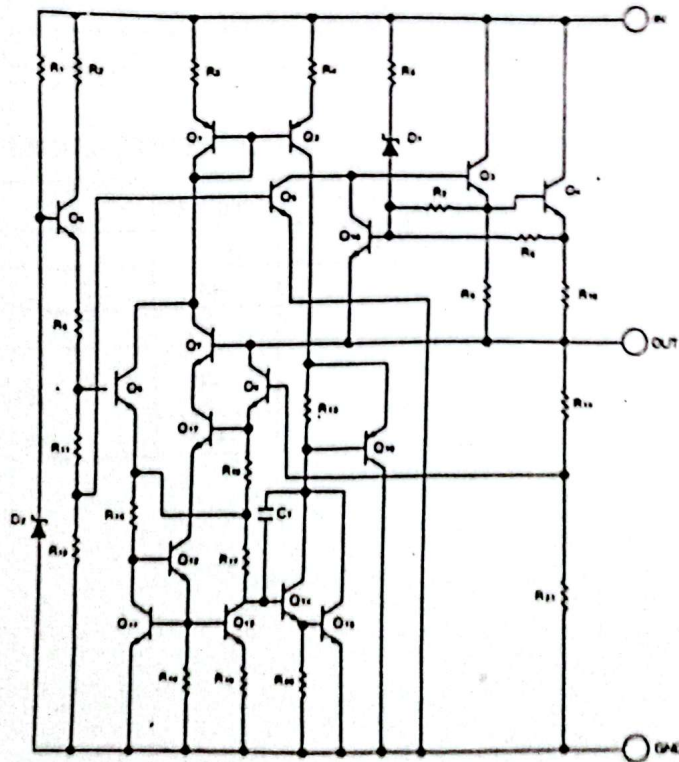


Fig. 1



# KA78MXX LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Characteristic	Symbol	Value	Unit
Input Voltage (5V through 15V)	$V_i$	35	V
Input Voltage (18V and 24V)	$V_i$	40	V
Junction Temperature Range	$T_j$	-20~+150	°C

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_j=25^\circ\text{C}$ , Input voltage as specified in the table)

Device	Input Voltage for the Characteristics		Output Voltage at $I_s=350\text{mA}$	Temperature Coefficient of the output Voltage at $I_s=5\text{mA}$	Ripple Rejection at $I_s=300\text{mA}$ , $f=120\text{Hz}$ , $20 \text{ LOG } (\Delta V_o / \Delta V_i) \text{ dB}$	
	$V_i$ (V)	$V_o$ (V) ( $\pm 4\%$ )	$\Delta V_o / \Delta T_j$ (mV/°C)	TYP.	MIN.	
KA78M05	10	5	-1	80	62	
KA78M06	11	6	-0.5	80	59	
KA78M08	14	8	-0.5	80	56	
KA78M10	16	10	-0.5	80	56	
KA78M12	19	12	-1	80	55	
KA78M15	23	15	-1	70	54	
KA78M18	27	18	-1.1	70	53	
KA78M24	33	24	-1.2	70	50	

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Dropout Voltage	$V_i - V_o$	$I_s=350\text{mA}$		2	—	V
Peak Output Current	$I_{s\text{pk}}$			700	—	mA
Quiescent Current	$I_q$			—	6	mA
Thermal Resistance Junction to Cooling Fin	$R_{\theta\text{JC}}$			3	5.0	°C/W
Thermal Resistance Junction to Ambient Air	$R_{\theta\text{JA}}$			62	70	°C/W

# KA78M15 LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

( $V_{in}=23V$ ,  $I_{out}=350mA$ ,  $0^{\circ}C < T_j < 125^{\circ}C$ ,  $C_{in}=0.33\mu F$ ,  $C_{out}=0.1\mu F$  unless otherwise specified)

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	U
Output Voltage	$V_o$	$T_j=25^{\circ}C$	14.4	15.0	15.6	V
Line Regulation	$\Delta V_o$	$T_j=25^{\circ}C$	$17.5V \leq V_{i1} \leq 30V$ , $-I_o=200mA$	10	100	mV
			$20V \leq V_{i1} \leq 30V$ , $-I_o=200mA$	3	50	mV
Load Regulation (Test Circuit Fig. 2)	$\Delta V_o$	$T_j=25^{\circ}C$	$5mA < -I_o < 500mA$	25	300	mV
			$5mA \leq -I_o \leq 200mA$	10	150	mV
Output Voltage	$V_o$	$17.5V < V_{i1} \leq 30V$ , $5mA \leq -I_o \leq 350mA$	14.25		15.75	V
Quiescent Current	$I_q$	$T_j=25^{\circ}C$		4.8	6.0	mA
Quiescent Current Change	with Line	$T_j=25^{\circ}C$	$17.5V \leq V_{i1} \leq 30V$ , $-I_o=200mA$ $5mA \leq -I_o \leq 350mA$		0.8	mA
	with Load				0.5	mA
Output Noise Voltage	$V_{n}$	$T_a=25^{\circ}C$ 10Hz $\leq f \leq$ 100kHz		90		$\mu V$
Ripple Rejection	R.R	$f=120Hz$ $18.5V \leq V_{i1} \leq 28.5V$	$-I_o=100mA$	54		dB
			$-I_o=100mA$ $T_j=25^{\circ}C$	54	70	dB
Dropout Voltage	$V_{i1} - V_o$	$T_j=25^{\circ}C$		2.0		V
Short Circuit Current	$-I_{sc}$	$T_j=25^{\circ}C$ , $V_{i1}=35V$		240		mA
Peak Output Current	$-I_{pk}$	$T_j=25^{\circ}C$		700		mA
Average Temperature Coefficient of Output Voltage	$\alpha$	$-I_o=5mA$		-1.0		mV/ $^{\circ}C$

### Note

All characteristics except noise voltage and ripple rejection ratio are measured using pulse techniques ( $p_w \leq 10ms$ , duty cycle  $\leq 5\%$ ). Output voltage changes due to changes in internal temperature must be taken into account separately.

SAMSUNG SEMICONDUCTOR