

**PROTOTIPE ALAT PEMBUAT BUBUR KEDELAI
OTOMATIS SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN
SARI KEDELAI**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh :

FAUZIA MAHRAF

NIM. 0210630050

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN ELEKTRO
MALANG
2007**

**PROTOTIPE ALAT PEMBUAT BUBUR KEDELAI OTOMATIS
SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN SARI KEDELAI**

SKRIPSI

*Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik*

Disusun oleh :

FAUZIA MAHRAF

NIM. 0210630050

Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

Dosen pembimbing I

Dosen pembimbing II

Ir. Nurussa'adah
NIP. 131 994 339

Ir. Nanang Sulistyanto
NIP. 132 090 389

PROTOTIPE ALAT PEMBUAT BUBUR KEDELAI OTOMATIS SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN SARI KEDELAI

Disusun oleh :

FAUZIA MAHRAF

NIM. 0210630050

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 14 Juni 2007

DOSEN PENGUJI

Ir. Bambang Siswojo
NIP. 131 759 588

Tibyani, ST., MT
NIP. 132 135 200

Suprpto, ST., MT
NIP. 132 149 320

Panca Mudjiraharjo, ST., MT
NIP. 132 288 163

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Ir. Heru Nurwarsito, M.Kom
NIP. 131 879 033

PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji-pujian hanyalah bagi Allah SWT, Rab Semesta Alam, yang Maha Tunggal, tidak ada sesuatu yang haq untuk disembah selain-Nya. Shalawat serta salam bagi Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, dan segenap sahabatnya. Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya yang telah diberikan hingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Walaupun tidak sepadan dengan apa yang telah dilakukan, dengan ketulusan hati penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- ✓ Mama dan Papah tersayang, mbaY, mbaQ, ik, KaDoy, kaMi, atas doa, kasih sayang dan dukungan selama penyusunan skripsi ini.
- ✓ Ir. Heru Nurwarsito, M.Kom dan Rudy Yuwono, ST., MT selaku Ketua Jurusan dan Sekretaris Jurusan Teknik Elektro atas segala bantuan yang telah diberikan.
- ✓ Ir. Nurussa'adah dan Ir. Nanang Sulistyanto selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberi arahan dan masukan bagi penulis.
- ✓ Penghuni lab Elka, mas yayan, mba erli, mba cit, mba may, mba ambar, elfa, radhana, agung, hendy, hari, sye, lia, ncepz, anang, fathul, bara, rio, 'n **specially Elkamania '02**, denica-farid-sony-andian-vivi-shinta-dita-rahmad. Pokokē all elkamania deh.
- ✓ Zulfi, Andhik, Abud, Erik, Dayat, Akbar, Basa, Antok, Adi, de' Reza 'n temen-temen yang selalu ngasih semangat dan available untuk membantu.
- ✓ Temen-temen sesama 'pekerja skripsi'....we've made it guys....
- ✓ KRI & KRCI '07 Team, makasih pinjaman alat + aluminium gratisnya ;p & kesediaannya untuk rela digangguin ma orang 'stress' ini ☺.
- ✓ Nenek, Tan, om & tante yang sudah mendukung kuliahku sampe bisa selesai.
- ✓ Ker_Re36B crew, Iq – dewi – rezQ - mba yayah – sofi, makasih atas doa & semangatnya, maaf kalo aq sering ikut2an 'error' juga kalo alat lagi error ;p
- ✓ Mas2 & mbak2 di elektro, makasih dah mw bantu adiknya,
- ✓ Bapak-bapak laboran, teman-teman asisten, dan seluruh pihak yang telah membantu yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, semoga Allah yang akan membalas semua kebaikan kalian.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat dinanti oleh penulis demi perbaikan penulisan selanjutnya. Demikian skripsi ini disusun, dengan harapan dapat berguna bagi semua pihak.

Malang, Juni 2007

Penulis,

Lembar Persembahan.....

*“Resoppa temangingi naletei pamase Dewata”
.....hanya kerja keras dan kesabaran akan mendapat ridho Allah,*

Untuk...

Mamah 'n Papah-Q tersayang, Mbay – kaDoy – MbaQ – kaMi - rQ, terimakasih untuk semua cinta, kasih sayang, doa dan pengorbanan yang diberikan, U're the best family in the whole world, & ponpon, makasih dah jadi penyemangat supaya Bunda cepet lulus.....

Aa, vielen dank für Wesen meine jemand und abhalten Glückstag in meine Leben, Ihr Liebe unbezahlbar für mich

Tan, makasih ya udah mw ngurusin ponakan yg aneh ini, maaf uci sering nyusahin....

Temen-temen seperjuangan-Q,

Zulfi: xie-xie untuk 'bimbingan' informal via sms, curhat on-sms & kursus bikin PCB-nya, keren euy....

Denica: vielen dank für being so patient nemenin ngerjain meine skripsi sampe bisa 'hasil' &, viel entschuldigung untuk semua sms tengah malemQ waktu lagi 'error'

*Farid: “finishing touch” yang **unforgettable**, mulai kesetrum sampe jadi OB sgala, bener2 bakal jadi kenangan yang unforgettable, transportasi + fasilitas gratisnya, I'll never be here without U pal....*

“Ya Allah, gantikanlah kepedihan ini dengan kesenangan, jadikan kesedihan itu awal kebahagiaan. Ya Allah, dinginkan panasnya kalbu dengan salju keyakinan dan padamkan bara jiwa dengan air keimanan. Wahai Rabb, tunjukkanlah pandangan yang kebingungan ini kepada cahaya-Mu, bimbinglah sesatnya perjalanan ini ke arah jalan-Mu yang lurus. Hanya kepada-Mu kami bersandar dan bertawakal. Hanya kepada-Mu kami memohon dan hanya dari-Mu lah semua pertolongan”.

Bersama air mata ada senyuman, Bersama ketakutan ada kenyamanan, Dan sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan

- FM -

PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
ABSTRAK.....	x

BAB I PENDAHULUAN

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengenalan Umum.....	5
2.1.1 Kedelai.....	5
2.1.2 Sari Kedelai.....	5
2.1.3 Proses Pembuatan Sari Kedelai.....	6
2.2 Sensor.....	7
2.2.1 Sensor Suhu LM35.....	7
2.2.2 <i>Optoswitch</i>	7
2.3 Pemanas (<i>Heater</i>).....	8
2.4 Pompa.....	9
2.5 Motor DC.....	9
2.6 Relay.....	10
2.7 Katup Solenoid.....	10
2.8 Mikrokontroler AVR.....	11
2.8.1 Arsitektur AVR.....	11
2.8.2 Periperal.....	13
2.8.2.1 <i>Analog to Digital Converter (ADC)</i>	13
2.8.2.2 EEPROM.....	16
2.8.2.3 <i>Timer/Counter</i>	17

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Studi Literatur.....	20
3.2	Perancangan Alat.....	20
3.3	Pembuatan Alat.....	20
3.4	Pengujian Alat.....	21
3.5	Pengambilan Kesimpulan dan Saran.....	21
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT		
4.1	Perencanaan Sistem.....	22
4.2	Spesifikasi Alat.....	24
4.3	Perencanaan Perangkat Elektronik.....	24
4.3.1	Rangkaian Sensor Suhu LM35.....	24
4.3.2	Rangkaian <i>Optoswitch</i>	25
4.3.3	Rangkaian <i>Driver Relay</i>	27
4.3.4	Rangkaian Pengendali Utama.....	28
4.4	Perencanaan Perangkat Lunak.....	30
4.4.1	Program Utama.....	30
4.4.2	Subprogram ADC.....	32
4.4.3	Subprogram <i>Timer/Counter</i>	32
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS		
5.1	Pengujian Rangkaian Sensor Suhu LM35.....	34
5.2	Pengujian Rangkaian Sistem Pengukur Ketinggian Air(<i>optoswitch</i>)..	35
5.3	Pengujian Rangkaian Katup Solenoid Dan Pengendalinya.....	37
5.4	Pengujian Rangkaian <i>Heater</i> Dan Pengendalinya.....	38
5.5	Pengujian Rangkaian Motor Dan Pengendalinya.....	39
5.6	Pengujian Perangkat Pengendali Utama.....	40
5.7	Pengujian Keseluruhan Sistem.....	41
BAB VI KESIMPULAN		
6.1	Kesimpulan.....	43
6.2	Saran	43
DAFTAR PUSTAKA.....		44

NO	JUDUL	HALAMAN
Gambar 2.1	Proses Pembuatan Sari Kedelai.....	6
Gambar 2.2	Konfigurasi Sensor Suhu LM35.....	7
Gambar 2.3	Rangkaian Internal <i>Optoswitch</i>	8
Gambar 2.4	Karakteristik Pompa.....	9
Gambar 2.5	Katup Solenoid.....	10
Gambar 2.6	Arsitektur AVR.....	11
Gambar 2.7	Peta Memori AVR.....	12
Gambar 2.8	Blok Diagram ADC.....	13
Gambar 2.9	Konfigurasi Register EECR.....	15
Gambar 2.10	Blok Diagram <i>Timer/Counter0</i>	17
Gambar 2.11	Blok Diagram <i>Timer/Counter1</i>	18
Gambar 4.1	Blok Diagram Alat.....	22
Gambar 4.2	Rangkaian Sensor Suhu LM35.....	24
Gambar 4.3	Rangkaian <i>Optoswitch</i>	25
Gambar 4.4	Rangkaian <i>Driver Relay</i>	27
Gambar 4.5	Rangkaian Pengendali Utama.....	29
Gambar 4.6	Diagram Alir Program Utama.....	31
Gambar 4.7	Diagram Alir Subprogram <i>ADC</i>	32
Gambar 4.8	Diagram Alir Subprogram <i>Timer/Counter</i>	33
Gambar 5.1	Blok Diagram Pengujian Sensor Suhu.....	35
Gambar 5.2	Blok Diagram Pengujian Rangkaian Pengukur Ketinggian Air....	36
Gambar 5.3	Blok Diagram Pengujian Rangkaian Katup Solenoid.....	37
Gambar 5.4	Blok Diagram Pengujian Rangkaian <i>Heater</i>	38
Gambar 5.5	Blok Diagram Pengujian Rangkaian Motor.....	39

NO	JUDUL	HALAMAN
Table 2.1	pemilihan <i>clock timer/counter</i> pada AVR.....	19
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Suhu LM35.....	35
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Rangkaian Pengukur Ketinggian Air.....	36
Tabel 5.3	Hasil Pengujian Rangkaian Katup Solenoid.....	37
Tabel 5.4	Hasil Pengujian Rangkaian <i>Heater</i>	38
Tabel 5.5	Hasil Pengujian Rangkaian Motor.....	40

Fauzia Mahraf, Juni 2007. *Prototipe Alat Pembuat Bubur Kedelai Otomatis Sebagai Bahan Baku Pembuatan Sari Kedelai*. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang. Pembimbing: Ir. Nurussa'adah dan Ir. Nanang S.

Kandungan gizi dan rasa yang tidak kalah dari susu sapi membuat sari kedelai semakin digemari oleh masyarakat. Hal inilah yang dimanfaatkan oleh sebagian rumah tangga untuk menambah penghasilan dengan menjadi produsen sari kedelai. Peralatan yang sederhana dan proses pembuatan yang masih manual sering menjadi kendala pada industri skala rumah tangga, terutama ketika permintaan bertambah, karena produsen yang sebagian besar adalah ibu rumah tangga juga harus tetap melakukan rutinitasnya sebagai ibu rumah tangga.

Mengotomatisasi proses pembuatan sari kedelai dapat menjadi sebuah solusi bagi permasalahan tersebut. Dalam skripsi ini akan dirancang sebuah prototipe alat pembuat bubur kedelai otomatis sebagai bahan baku pembuatan sari kedelai dengan menggunakan mikrokontroler sebagai pengendali utama, motor DC, *heater*, dan sensor suhu. Adanya sebagian besar proses yang dikerjakan oleh mesin akan membuat pekerjaan yang harus dikontrol berkurang. Operator cukup memasukkan bahan yang akan diolah kemudian menekan tombol aktivasinya dan alat akan bekerja secara otomatis melakukan proses perebusan kedelai, penggilingan dan pencampuran kedelai giling dengan air dengan jumlah perbandingan yang sesuai, kemudian menunggu sampai LED menyala sebagai indikator bahwa proses telah selesai.

Dari pengujian sistem yang telah dilakukan terbukti bahwa prototipe alat pembuat bubur kedelai otomatis sebagai bahan baku pembuatan sari kedelai menunjukkan hasil yang baik. Sistem mampu mengontrol proses perebusan air sampai suhu sekitar 100°C , mengukur volume air yang digunakan sebanyak 750 ml, melakukan perebusan dan penggilingan kedelai serta mencampur kedelai giling dengan air panas dengan perbandingan 1 banding 15, dan jika air pada bak 1 tidak mencukupi untuk digunakan dalam seluruh proses maka LED indikator air kurang akan menyala.

Kata kunci: bubur kedelai, sari kedelai, otomatisasi

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu bahan makanan yang banyak digemari karena kandungan gizinya yang cukup tinggi adalah susu. Seiring dengan perkembangannya, susu yang dikonsumsi oleh masyarakat saat ini tidak hanya susu yang berasal dari hewan seperti susu sapi ataupun susu kambing. Masyarakat sudah mulai beralih untuk mengonsumsi susu dari bahan kedelai (yang dikenal dengan nama sari kedelai) karena ternyata kandungan gizinya tidak kalah dengan susu sapi. Sari kedelai dihasilkan melalui ekstraksi protein biji kedelai dengan menggunakan air panas. Karena proses pembuatannya yang relatif mudah, banyak industri rumah tangga yang memanfaatkan peluang ini untuk menjadi lahan usaha.

Meningkatnya nilai konsumsi terhadap sari kedelai ini akan membuat permintaan pasar terhadap kuantitas sari kedelai semakin besar dan juga akan memberikan keuntungan bagi produsennya karena dengan demikian maka pendapatan mereka juga akan meningkat. Tapi hal ini menimbulkan kekhawatiran tersendiri bagi produsen khususnya industri rumah tangga, mengingat proses pembuatan sari kedelai pada industri rumah tangga selama ini masih menggunakan cara tradisional dengan peralatan sederhana dan dikerjakan secara manual sehingga kuantitas sari kedelai yang dihasilkan per harinya masih terbatas.

Bila mereka berkeras untuk memenuhi permintaan tersebut dengan memproduksi melebihi kapasitas normalnya, tentunya akan terjadi penurunan terhadap kualitas sari kedelai yang dihasilkan, karena ada prosedur-prosedur yang tidak dipenuhi agar prosesnya menjadi lebih cepat. Ditambah lagi dengan faktor kecerobohan manusia yang dapat juga mengakibatkan turunnya kualitas sari kedelai yang dihasilkan.

Untuk mengatasi masalah tersebut, ada dua solusi yang dapat ditempuh, yaitu pertama, metode pembuatan tetap manual hanya saja dilakukan penambahan peralatan yang tentunya harus diimbangi juga dengan penambahan jumlah pekerja. Jika hal ini dilakukan, maka biaya produksi yang harus dikeluarkan akan membengkak dan faktor kecerobohan manusia masih berpengaruh. Sebagai solusi kedua adalah dengan mengubah metode yang sebelumnya manual menjadi otomatis. Dengan mengotomatisasi sebagian besar prosesnya, hal-hal yang tidak diinginkan akibat

kelalaian manusia dapat diminimalisir dan jumlah produksi sari kedelai per hari dapat ditingkatkan dengan biaya produksi yang relatif tetap. Selain itu, produsen skala rumah tangga yang umumnya adalah ibu rumah tangga bisa melakukan pekerjaan rutinnnya sambil tetap memproduksi sari kedelai karena sebagian besar prosesnya sudah dikendalikan secara otomatis oleh sistem.

Dalam mengotomatisasi, ada beberapa alternatif yang bisa diambil, yaitu mengotomatisasi dengan menggunakan komputer, PLC, atau mikrokontroler. Dua sistem yang pertama menjadi tidak efektif untuk diterapkan pada industri rumah tangga karena biaya yang dibutuhkan untuk membeli perangkat tersebut cukup besar dan biaya operasionalnya yang harus dikeluarkan juga tidak sedikit. Dengan harga yang relatif terjangkau, kemampuan yang handal dan biaya operasional yang tidak besar, mikrokontroler menjadi sebuah solusi yang tepat untuk permasalahan yang dihadapi. Karena itulah dalam skripsi ini, akan dirancang sebuah alat yang dapat mengotomatisasi sebagian besar pembuatan sari kedelai dengan sistem pengendali berbasis mikrokontroler.

Untuk mendapatkan hasil akhir yang baik maka sensor ketinggian air pada alat harus dapat mengukur volume air yang digunakan dengan tepat dan proses dilakukan secara berurutan, untuk itulah diperlukan mikrokontroler sebagai pengendali utama. Dalam otomatisasi pembuatan sari kedelai ini nantinya operator hanya cukup menyalakan tombol 'start' dan sistem akan mengerjakan proses sesuai dengan program yang telah dibuat dimulai dari proses penakaran air, perebusan kedelai, perebusan air sampai penggilingan dan pencampuran kedelai dengan air panas, dan alat akan memberi tanda pada operator bila seluruh proses telah selesai. Alat ini juga dilengkapi dengan indikator yang menunjukkan jika air yang akan digunakan dalam seluruh proses tidak mencukupi sehingga tidak akan terjadi kemungkinan proses terhenti karena kekurangan bahan (air).

1.2 Rumusan Masalah

Dalam perancangan ini rumusan masalah ditekankan pada :

- a) Merancang suatu model/prototipe alat yang dapat membuat bubur kedelai secara otomatis sebagai bahan baku sari kedelai.
- b) Merancang agar prototipe alat dapat membuat bubur kedelai dengan komposisi bahan yang sesuai.

- c) Merancang sistem pengukur ketinggian air untuk mengukur volume air dengan menggunakan *optoswitch*.
- d) Merancang sistem perebusan air dan kedelai sehingga dapat dipastikan air telah mencapai suhu 100⁰C dan aman untuk dikonsumsi.

1.3 Batasan Masalah

Mengacu pada permasalahan yang ada maka hal-hal yang berkaitan dengan alat yang akan dibuat pada tugas akhir ini diberi batasan sebagai berikut:

1. Menekankan pada perancangan prototipe/model alat pembuat bubur kedelai otomatis sebagai bahan baku pembuatan sari kedelai.
2. Berat kedelai kering yang digunakan untuk pengujian adalah 50 gram dan ukuran bahan lain disesuaikan dengan perbandingan yang ada.
3. Proses otomatisasi hanya sampai pembuatan bubur kedelai, untuk proses penyaringan (pemisahan ampas dari sari kedelai) dan perendaman dilakukan di luar sistem.
4. Kedelai yang digunakan adalah biji kedelai kering yang sudah direndam dengan larutan air soda kue selama satu malam.
5. Alat yang dirancang menggunakan catu daya sebesar +5V, +12V, +24V, dan tegangan jala-jala 220V.

1.4 Tujuan

Tujuan tugas akhir ini adalah merealisasikan suatu model/prototipe sistem otomatisasi dalam pembuatan bubur kedelai sebagai bahan baku pembuatan sari kedelai untuk diaplikasikan pada produsen-produsen sari kedelai pada industri skala kecil/rumah tangga.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam skripsi ini sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Memuat latar belakang, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Membahas teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat.

BAB III Metodologi Penelitian

Berisi tentang metode penelitian dan perencanaan alat serta pengujian.

BAB IV Perencanaan dan Pembuatan Alat

Membahas tentang perancangan dan perealisasiian Alat Pembuat Bubur Kedelai sebagai Bahan Baku Sari Kedelai Otomatis

BAB V Pengujian Alat

Berisi hasil pengujian terhadap alat yang telah direalisasikan.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

Berisi tentang kesimpulan dan saran-saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengenalan Umum

2.1.1 Kedelai

Kacang kedelai merupakan sumber protein dan lemak nabati yang penting bagi kesehatan tubuh kita. Kedelai tidak hanya bisa dibuat menjadi tempe atau tahu, tetapi bisa juga dibuat susu. Menurut Shen Nung, tanaman kedelai telah dibudidayakan sejak 1500 SM. Berbagai jenis kedelai yang dibudidayakan saat ini berasal dari kedelai jenis *Glicine ururiensis*. Saat ini, kedelai yang telah umum dibudidayakan petani memiliki nama ilmiah *Glicine max* (Eddy, 2005: 1).

Karena manfaatnya yang luar biasa, masyarakat Cina menjuluki kedelai sebagai *ta-tou* atau 'kacang ajaib'. Karena selain dimanfaatkan sebagai bahan pangan, kedelai juga dapat dimanfaatkan untuk berbagai industri lain seperti tinta, lem, bahan bakar ramah lingkungan dan antibiotik (di industri farmasi).

Di antara jenis kacang-kacangan, kedelai merupakan sumber protein, vitamin dan mineral yang paling baik. Berdasarkan hasil penelitian ilmiah, terbukti bahwa kedelai dengan berbagai produknya (tempe dan susu kedelai) mampu mengatasi penyakit kanker, menurunkan kadar kolesterol dan meningkatkan imunitas tubuh *max* (Eddy, 2005: 3).

2.1.2 Sari Kedelai

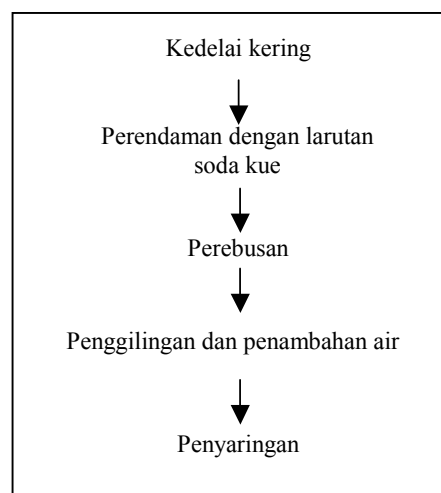
Sari kedelai adalah cairan hasil ekstraksi protein biji kedelai dengan menggunakan air panas. Sari kedelai berwarna putih seperti susu, dan bergizi tinggi karena mengandung protein, lemak, karbohidrat, mineral dan vitamin (Hasbullah, 2002). Menurut catatan sejarah, sari kedelai mulai dibuat di Negeri Cina sejak abad kedua sebelum masehi, setelah itu susu kedelai mulai berkembang ke Jepang dan akhirnya masuk ke Asia Tenggara setelah Perang Dunia II (Eddy, 2005: 5).

Komposisi sari kedelai hampir sama dengan susu sapi. Karena itu sari kedelai dapat digunakan sebagai pengganti susu sapi. Sari kedelai baik dikonsumsi oleh mereka yang alergi susu sapi, yaitu orang-orang yang tidak punya atau kurang enzim laktase dalam saluran pencernaannya, sehingga tidak mampu mencerna laktosa dalam susu sapi (Koswara, 1998).

2.1.3 Proses Pembuatan Sari Kedelai

Sari kedelai dibuat dengan mengekstraksikan kacang kedelai dengan air panas. Proses yang biasa dilakukan pada industri sari kedelai skala rumah tangga cukup sederhana dan seluruhnya dikerjakan secara manual. Prosesnya terdiri dari perendaman, perebusan, penggilingan, penambahan air, dan penyaringan. Untuk melunakkan biji kedelai, dilakukan perendaman dengan menggunakan air yang dicampur dengan soda kue. Kemudian kedelai direbus dan setelah itu digiling dengan menggunakan *blender*. Setelah menjadi bubur kedelai, dilakukan penyaringan untuk mendapatkan susu kedelai mentah.

Proses pembuatan sari kedelai secara sederhana ditunjukkan dalam Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Proses Pembuatan Sari Kedelai

Sumber: Eddy, 2005: 38

Setelah didapatkan sari kedelai mentah yang telah dibersihkan dari ampasnya, biasanya sari kedelai mentah ini ditambahkan bahan perasa seperti coklat, stroberi, vanilla, dan lain-lain. Untuk pengawetan, bisa juga ditambahkan bahan-bahan kimia yang dapat berfungsi sebagai pengawet dan tentunya tetap aman bagi kesehatan.

Pada industri skala besar, pengolahan sari kedelai sudah sampai tingkat UHT. Saat ini kita dapat menjumpai sari kedelai siap minum yang disajikan dalam kemasan kotak karton. Untuk penyimpanan, susu kedelai sebaiknya dimasukkan ke dalam lemari pendingin. Dengan suhu ruang penyimpanan 5°C , sari kedelai dapat bertahan hingga beberapa hari.

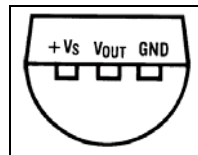
2.2 Sensor

2.2.1 Sensor Suhu LM35

Sensor suhu berfungsi sebagai transduser yang mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor suhu yang dipakai dalam perencanaan alat ini adalah IC LM 35 produksi National Semiconductor, konfigurasi pin LM35 ditunjukkan dalam Gambar 2.2. LM35 merupakan salah satu sensor suhu tipe IC, yaitu sensor suhu dengan rangkaian terpadu yang menggunakan chipsilikon. Mempunyai konfigurasi *output* tegangan yang linier terhadap skala temperatur Celcius.

Karakteristik yang dimiliki sensor suhu tipe LM35 antara lain:

- Hasil pengukuran dalam skala Celcius
- Resolusi pengukuran sebesar $+10 \text{ mV} / ^\circ\text{C}$.
- Range pengukuran antara $-55 ^\circ\text{C}$ sampai $+150 ^\circ\text{C}$.
- Tegangan operasi berkisar antara $4 - 20 \text{ V}$.
- Arus drain kurang dari 60 uA .
- Tingkat *self-heating* yang rendah.
- Impedansi keluaran rendah, sekitar $0,1 \text{ Ohm}$ untuk beban 1 mA .
- Nonlinieritas $\pm 0.25/^\circ\text{C}$.



Gambar 2.2. Konfigurasi Sensor suhu LM 35
Sumber : National Semiconductor, 2000

2.2.2 Optoswitch

Untuk mengetahui keadaan air pada tanki penampung digunakan sebuah sensor. Sensor yang digunakan terdiri dari sebuah pelampung dan plat mika yang dirangkai jadi satu dan sebuah *optoswitch*. *Optoswitch* adalah alat yang dipakai untuk mengkopel cahaya dari suatu sumber ke detektor tanpa adanya perantara. *Optoswitch* mempunyai sebuah sumber (*source*) yang terangkai secara optik dengan sebuah penerima (*receiver*). Sumber dan penerima ini tertutup dalam satu paket. Meskipun secara optik terhubung, antara input dan output terisolasi secara elektrik. Rangkaian internal sebuah *optoswitch* ditunjukkan dalam Gambar 2.3.

Sebuah *optoswitch* terdiri dari:

- LED infra merah

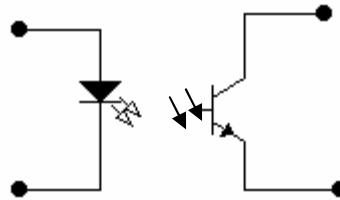
Berfungsi sebagai *transmitter* karena merupakan sumber cahaya. Cahaya infra merah tidak dapat dilihat dengan mata.

- Photo transistor

Berfungsi sebagai *receiver*. Prinsip kerjanya yaitu suatu komponen yang peka terhadap suatu cahaya, makin tinggi suatu intensitas cahaya dari sumber cahaya jatuh ke permukaan transistor maka tahanan pada transistor akan menjadi kecil, photo transistor pada *optoswitch* ini telah dilengkapi dengan suatu lapisan filter yang akan menyaring cahaya infra merah, sehingga cahaya disekitarnya tidak mengganggu kerja photo transistor.

Optoswitch mempunyai 4 buah kaki masing-masing 2 kaki ke Vcc dan 2 kaki ke ground. Prinsip kerja dari *optoswitch* adalah sebagai berikut :

- Input 0 (cahaya terhalang) maka transistor tidak menghantar, $V_{out} = 1 (+5\text{ V})$
- Input 1 (cahaya tidak terhalang) maka transistor menghantar, $V_{out} = 0 (0\text{ V})$



Gambar 2.3 *Optoswitch*
Sumber: QT *Optoelectronics*, 1995

2.3 Pemanas (*heater*)

Untuk memanaskan air yang akan digunakan dalam proses pembuatan bubur kedelai, dan juga merebus kedelai digunakan elemen pemanas yang terdapat di pasaran, yang terbuat dari logam. Elemen pemanas ini akan dihubungkan dengan *relay* dan mikrokontroler. Elemen pemanas ini berfungsi untuk memanaskan campuran bahan pembuat susu sampai diperoleh suhu kerja yang diperlukan. Elemen pemanas yang terdapat di pasaran ada yang berupa kawat nikelin ataupun baja yang telah dilapisi aluminium. Prinsip dasar sebuah *heater* adalah mengubah energi listrik menjadi panas yaitu dengan menghubungkan listrik pada filamen sehingga terjadi arus hubung singkat yang mengakibatkan timbulnya panas. Filamen terbuat dari bahan logam seperti nikelin atau baja yang dilapisi aluminium pada bagian luarnya.

2.4 Pompa

Sebuah pompa terdiri dari sebuah baling-baling (impeler) yang berfungsi untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi. Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar impeler di dalam zat cair. Maka zat cair yang ada di dalam impeler, oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar. Karena timbul gaya sentrifugal maka zat cair mengalir dari tengah impeler keluar melalui saluran di antara sudu-sudu. Disini head tekanan zat cair menjadi lebih tinggi. Demikian pula head kecepatannya bertambah besar karena zat cair mengalami percepatan. Zat cair yang keluar dari impeler ditampung oleh saluran disekeliling impeler dan disalurkan ke luar pompa melalui nosel. Gambar sederhana sebuah pompa diperlihatkan dalam Gambar 2.4.

Gambar 2.4 Gambar Karakteristik Pompa
Sumber: Sularso: 4

2.5 Motor DC

Motor adalah suatu peralatan elektronik yang berfungsi mengubah energi dari energi listrik ke energi mekanik. Jadi energi keluaran motor berupa energi gerak. Prinsip kerjanya adalah bahwa apabila ada suatu penghantar yang membawa arus listrik diletakkan di dalam suatu medan magnet, maka akan timbul gaya mekanik. Medan magnet dari motor DC dapat dihasilkan oleh kumparan atau magnet permanen. Untuk membangkitkan medan magnet tersebut maka pada kumparan diberi arus listrik. Motor yang digunakan dalam perancangan adalah motor DC. Motor ini akan digunakan untuk menggerakkan bagian penggiling.

2.5 Relay

Relay adalah alat yang digunakan untuk sistem peralatan otomatis. *Relay* akan bekerja pada tegangan dan arus yang kecil. Prinsip kerja *relay* secara umum dapat dijelaskan sebagai berikut. Tegangan yang diberikan pada kumparan akan menimbulkan medan magnet di sekitar kumparan. Induksi magnetik inilah yang nantinya akan menarik pegas kontak untuk mengubah ke posisi/bagian yang terhubung (*connect*).

Jika tegangan pada kumparan tersebut dihilangkan maka pada kumparan tidak ada induksi magnetik, sehingga kontak akan kembali ke posisi awal (normal).

Berdasarkan kondisi awal saat *relay* tidak bekerja, *relay* dibedakan menjadi 2, yaitu :

1. *Relay Normally Open*.
2. *Relay Normally Close*.

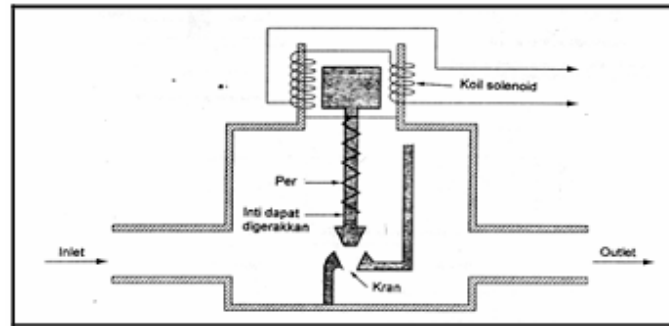
Pada *relay normally open*, apabila kumparan dari *relay* diberi tegangan maka *relay* akan bekerja dan *relay* akan menutup kontak-kontaknya, sehingga kontak *normally open* akan menutup. Jika pada kontak *normally open* tersebut diberi beban motor, maka motor akan bergerak selama ada tegangan pada kumparan (*relay* bekerja) dan apabila tegangan pada kumparan dihilangkan maka motor akan berhenti. Sedangkan pada *relay normally close*, apabila kumparan *relay* diberi tegangan, maka *relay* akan bekerja dan kontak *normally close* akan terbuka. Jika pada kontak *normally close* itu diberi beban motor maka motor akan berhenti selama ada tegangan, jika tegangan pada kumparan dihilangkan maka motor akan bergerak.

Dalam perancangan alat ini, *relay* akan digunakan sebagai pengendali untuk menghubungkan dan memutuskan arus listrik dari sumber ke beban. Rangkaian *relay* ini akan bekerja dalam mode *normally open* sehingga ketika kumparan tidak diberi tegangan maka devais yang terhubung dengan *relay* tidak aktif dan bila kumparan diberi tegangan maka devais tersebut akan aktif. Devais yang akan dihubungkan dengan rangkaian pengendali *relay* ini antara lain katup solenoid, pompa air, pemanas (*heater*), dan motor.

2.6 Katup Solenoid

Katup solenoid adalah kombinasi dari dua dasar unit fungsional: Solenoid (elektromagnet) dengan inti atau plungernya. Badan kran yang berisi lubang mulut pada tempat piringan atau stop-kontak ditempatkan untuk menghalangi atau mengizinkan aliran. Aliran melalui lubang mulut adalah OFF atau diijinkan dengan gerakan inti dan

tergantung pada apakah solenoid diberi energi atau dihilangkan energinya. Apabila kumparan diberi energi, inti ditarik ke dalam kumparan solenoid untuk membuka kran. Pegas mengembalikan kran pada posisi aslinya tertutup apabila arus berhenti. Kran solenoid dapat mengontrol hidrolisis (cairan minyak), pneumatis (udara) atau aliran air seperti pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Kran Solenoid
Sumber : Petruzella: 197

2.7 Mikrokontroler AVR

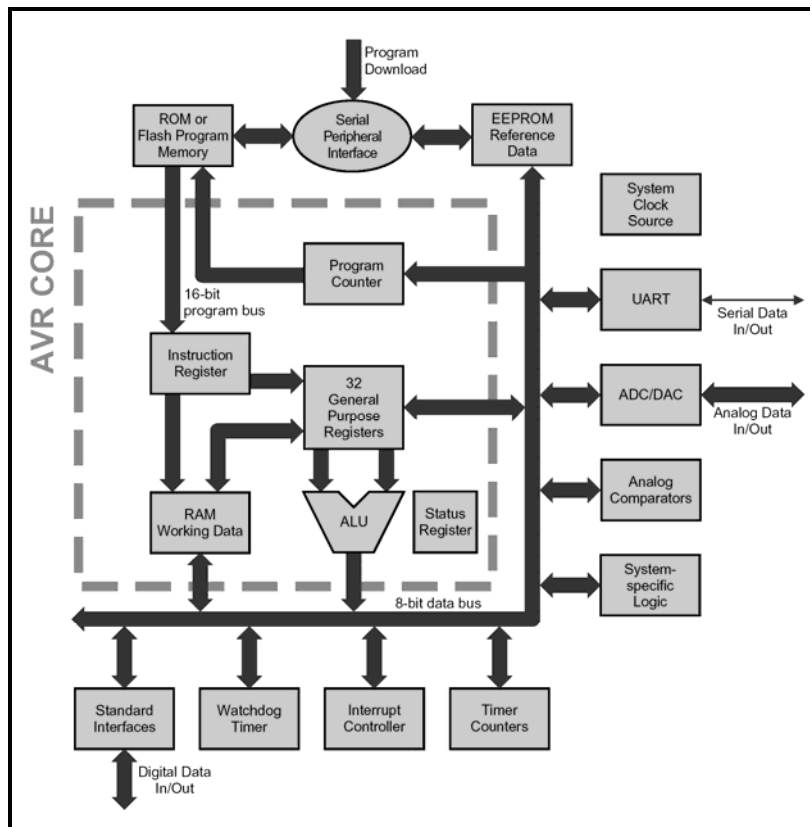
AVR merupakan mikrokontroler produksi Atmel yang menggunakan arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computing*) 8 bit. AVR pertama kali diperkenalkan pada tahun 1996. AVR mengkombinasikan arsitektur RISC, memori *flash* internal dan jumlah *register* yang besar (32 buah) untuk memperoleh ukuran kode program, kinerja, dan konsumsi daya yang optimal. Sebagian besar instruksi AVR dieksekusi dalam satu siklus *clock*.

2.7.1 Arsitektur AVR

AVR menggunakan konsep arsitektur Harvard dengan memori dan bus terpisah untuk data dan program. Lebar bus program pada AVR adalah 16 bit sedangkan lebar bus data 8 bit. Memori program dieksekusi dengan *pipeline* satu tingkat. Saat instruksi sedang dieksekusi, instruksi yang berikutnya dibaca dari memori program. Konsep ini memungkinkan instruksi untuk dieksekusi dalam tiap-tiap siklus *clock*. Arsitektur AVR ditunjukkan dalam Gambar 2.6.

AVR memiliki jumlah *register* yang relatif besar untuk ukuran mikrokontroler 8 bit, yaitu 32 buah *general purpose registers*. AVR tidak memiliki *accumulator* seperti yang dimiliki sebagian besar mikroprosesor/mikrokontroler. Seluruh *register* terhubung ke ALU (*Arithmetic Logic Unit*) sehingga operasi ALU dapat dilaksanakan dengan menggunakan *general purpose registers* sebagai *operand*. Dua *operand* diambil dari *register*, operasi ALU dijalankan, dan hasil operasi disimpan ke dalam *register*,

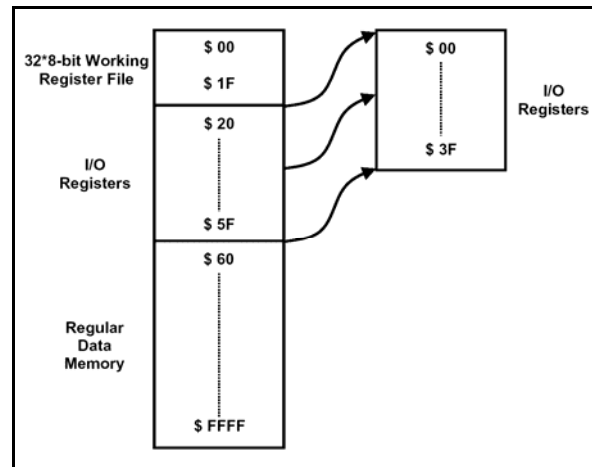
semuanya dilakukan dalam satu siklus *clock*. Dalam skala operasi yang relatif besar, operasi ALU dapat dijalankan dengan lebih cepat.



Gambar 2.6. Arsitektur AVR
Sumber : Atmel, 1999: 5

Enam dari 32 *register* dapat digunakan sebagai pasangan *register* 16 bit. Pasangan *register* 16 bit dapat digunakan sebagai *register pointer* untuk pengalamatan area data sehingga memungkinkan perhitungan alamat menjadi lebih efisien. Ketiga *register* tersebut adalah *register X* (R26 dan R27), *Y* (R28 dan R28), dan *Z* (R30 dan R31).

Peta memori data AVR ditunjukkan dalam Gambar 2.6. Memori data dibagi menjadi 4 bagian. 32 alamat paling bawah (0000 – 001F) ditempati oleh *general purpose registers*. 64 alamat berikutnya (0020 – 005F) ditempati oleh *register I/O* yang mengatur piranti CPU seperti *register kontrol*, *timer/counter*, dan fungsi I/O lainnya. Alamat berikutnya digunakan oleh SRAM internal dan eksternal. Perlu dicatat, ukuran SRAM internal tidak sama untuk masing-masing tipe AVR, dan tidak semua tipe memiliki SRAM internal atau SRAM eksternal.



Gambar 2.7. Peta memori AVR
Sumber : Atmel, 1999: 6

Selama interupsi dan pemanggilan *subroutine*, alamat pada *Program Counter* (PC) disimpan pada *stack*. Pada tipe AVR yang memiliki SRAM internal atau eksternal, *stack* dialokasikan di SRAM sehingga ukuran *stack* hanya terbatas oleh total ukuran dan pemakaian SRAM. Semua program harus menginisialisasi *Stack Pointer* (SP) di dalam rutin *reset*, sebelum *subroutines* atau *interrupt* dieksekusi. Sedangkan tipe AVR yang tidak memiliki SRAM, alamat pada PC disimpan di *stack hardware* yang memiliki ukuran terbatas.

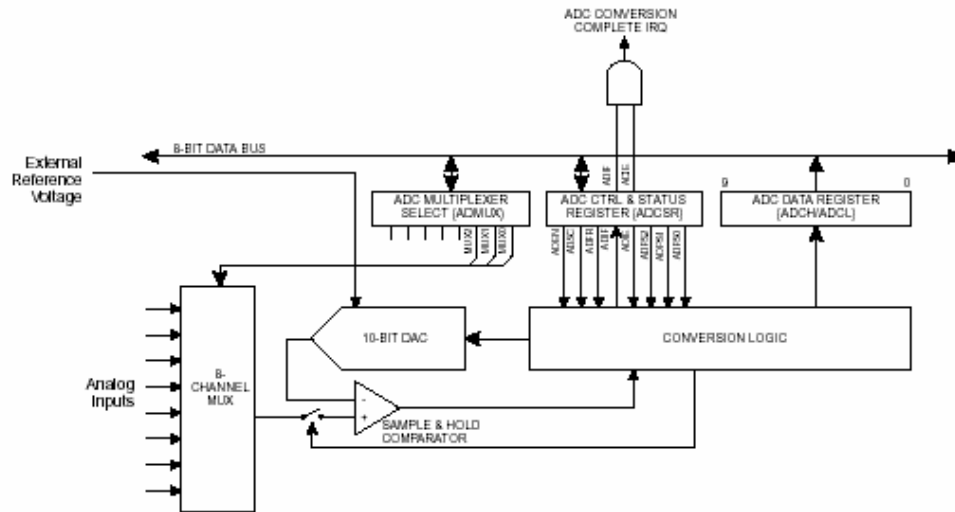
2.7.2 Periperal

AVR memiliki beberapa jenis periperal internal, diantaranya komparator analog, *timer/counter*, UART, *watchdog timer*, dan ADC/DAC. Periperal yang ada dalam chip AVR tergantung tipe AVR. Berikut ini akan dibahas jenis periperal AVR yang digunakan, yaitu ADC dan EEPROM.

2.7.2.1 ADC (*Analog to Digital Converter*)

Sebagian jenis AVR memiliki fasilitas ADC 10 bit. ADC ini terhubung dengan 8-saluran multiplexer analog yang membolehkan setiap pin pada port A untuk digunakan sebagai input untuk ADC. ADC terdiri dari satu Sample/Hold Amplifier yang memastikan bahwa tegangan input ke ADC ditahan pada level konstan selama konversi. Blok diagram dari ADC ditunjukkan dalam Gambar 2.8.

ADC mempunyai 2 pin tegangan analog yang terpisah yaitu AVCC dan AGND. AGND harus dihubungkan ke GND dan tegangan pada AVCC tidak boleh beda lebih dari $\pm 0.3V$ dari VCC. Perhatikan paragraph ADC Noise Canceling Techniques tentang bagaimana menghubungkan pin ini. Tegangan referensi eksternal harus dikenakan ke pin AREF. Tegangan ini harus berada dalam range AGND – AVCC.



Gambar 2.8. Blok diagram ADC

Sumber: Atmel, 1999

ADC dapat beroperasi dalam 2 mode yaitu *Single Conversion* dan *Free Run Mode*. Pada *Single Conversion Mode*, setiap konversi harus diinisialisasi oleh pengguna. Pada *Free Run Mode*, ADC secara konstan menyampling dan mengupdate ADC Data Register. Dalam perancangan ini ADC dioperasikan dalam mode *Free Run Mode*.

Bit ADFR pada ADCSR berfungsi untuk memilih mode yang digunakan. ADC aktif dengan memberikan logika 1 ke bit ADC Enable, ADEN pada ADCSR. Konversi pertama dimulai setelah ADC diaktifkan dan memberikan logika 1 ke bit ADSC. Bit ini tetap high selama konversi berlangsung dan akan diset nol oleh hardware ketika konversi selesai. Jika suatu saluran data berbeda terpilih sedangkan suatu konversi masih dalam proses, ADC akan menyelesaikan konversi yang sekarang sebelum melakukan perubahan saluran. Sebagaimana ADC menghasilkan 10-bit, dua register data, ADCH dan ADCL, harus dibaca untuk mendapatkan hasil ketika konversi lengkap.

Mekanisme kerja sebagai berikut: ketika pembacaan data, ADCL harus dibaca pertama kali. Sekali ADCL dibaca, akses ke register data diblok. Ini berarti bahwa jika ADCL telah dibaca dan konversi selesai sebelum ADCH dibaca, tidak ada satu register pun yang diupdate dan hasil dari konversi hilang. Ketika ADCH dibaca, akses ADC ke register ADCH dan ADCL di enable ulang. ADC pada ATmega8535 memiliki interup sendiri, ADIF, yang bisa dipicu ketika konversi selesai. ADC terdiri dari prescaler, yang membagi system clock menjadi frekuensi clock ADC yang mudah diterima.

ADC menerima frekuensi clock input dalam range 50 - 200 kHz. Penggunaan frekuensi input yang lebih tinggi akan menghasilkan tingkat akurasi yang rendah. Bit

ADPS0 - ADPS2 pada ADCSR digunakan untuk menghasilkan frekuensi clock input ADC yang diperlukan dari frekuensi XTAL di bawah 100 kHz. Prescaler mulai menghitung saat ADC diswitch on dengan mengeset bit ADEN pada ADCSR. Prescaler dijaga tetap bekerja selama bit ADEN diset dan secara kontinyu direset ketika ADEN rendah. Ketika penginisialisasian konversi dengan mengeset bit ADSC pada ADCSR, konversi mulai pada tepi naik dari siklus clock ADC. Hasil konversi siap dan ditulis pada Register Hasil ADC setelah 13 siklus. Pada *Free Run Mode*, konversi yang baru akan dimulai dengan tiba-tiba setelah hasil konversi ditulis pada ADC Result Register.

Proses konversi pada ADC dimulai dengan memberikan pulsa start. Akibat pulsa ini, logika kendali akan mereset semua register kontrol, sehingga keluaran register sama dengan 0 dan $V_{out} = 0$ Volt. Karena itu $V_{out} < V_{in}$, dan keluaran komparator akan berada pada logika 1. timbulnya logika 1 ini, maka logika kendali akan mengisikan data konversi dengan coba-coba dimulai dari data MSB (D7) dan kemudian dimasukkan ke register SAR, sehingga data pada register SAR adalah 1000 0000. keluaran digital ini akan diubah ke dalam bentuk sinyal analog oleh D/A konverter dan dibandingkan oleh sebuah komparator. Bila nilai konversi ini lebih besar dari V_{in} , keluaran sinyal negatif dari pembanding yang menuju ke rangkaian kembali akan mereset MSB (D7). Jika V_{out} dari konversi kurang dari V_{in} , keluaran positif dari pembanding akan menunjukkan bahwa MSB tetap dalam keadaan tinggi (set).

Jika dalam operasi A/D tersebut nilai MSB tidak direset. Register SAR sekarang menyimpan data 1000 0000. pulsa detak (CLK) berikutnya akan meset bit D6 dengan demikian data digital yang ada pada register SAR 1100 0000. jika V_{out} lebih besar dari V_{in} , keluaran opamp yang negatif menyebabkan reset dari D6. jika V_{out} lebih kecil dari V_{in} , D6 tetap bertahan dalam keadaan tinggi.

Dalam pulsa-pulsa selanjutnya secara berturut-turut, bit-bit akan diuji. Proses pendekatan ini memerlukan satu periode pulsa clock untuk setiap bit yang merupakan salah satu kelebihan dari successive approximation ADC. Jadi jika menggunakan ADC jenis ini dengan 8 bit, maka setiap konversi sinyal diperlukan 8 bit periode pulsa clock. Bilamana suatu bit menyebabkan nilai V_{out} melebihi nilai V_{in} , maka bit yang akan bersangkutan akan direset. Secara singkat prinsip kerja dari konverter A/D adalah semua bit-bit diset kemudian diuji, dan bilamana perlu sesuai dengan kondisi yang telah ditentukan. Dengan rangkaian yang paling cepat, konversi akan diselesaikan sesudah 8

clock, dan keluaran D/A merupakan nilai analog yang ekivalen dengan nilai register SAR.

Apabila konversi telah dilaksanakan, rangkaian kembali mengirim sinyal selesai konversi yang berlogika rendah. Sisi turun sinyal ini akan menghasilkan data digital yang ekivalen ke dalam register buffer. Dengan demikian, keluaran digital akan tetap tersimpan sekalipun akan dimulai siklus konversi yang baru.

2.7.2.2 EEPROM (Electrically Erasable Programmable ROM)

EEPROM adalah salah satu dari tiga tipe memori pada AVR, selain *flash* dan SRAM. EEPROM teap dapat menyimpan data saat tidak dicatu daya dan juga dapat diubah saat program berjalan. Oleh karena itu. EEPROM sangat berguna untuk menyimpan informasi, seperti nilai kaibrasi, momer ID, dan juga password.

Untuk menulis dalam EEPROM, perlu ditentukan terlebih dahulu data apa yang akan ditulis serta alamat untuk menulis data tersebut. Untuk mencegah ketidaksengajaan menulis di dalam EEPROM, diperlukan prosedur untuk menulis dalam EEPROM. Proses penulisan dalam EEPROM tidak berlangsung waktu itu juga, tetapi membutuhkan waktu sekitar 2.5 sampa 4ms. Oleh karena alasan tersebut, program yang dibuat harus dicek terlebih dahulu apakah EEPROM telah siap untuk ditulis dengan byte data baru (kemungkinan oerasi penulisan yang terdahulu belum selesai).

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	-	-	-	-	EERIE	EEMWE	EEWE	EERE	EECR
Read/Write	R	R	R	R	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	X	0	

Gambar 2.9. Konfigurasi Register EECR

Sumber: Atmel, 1999

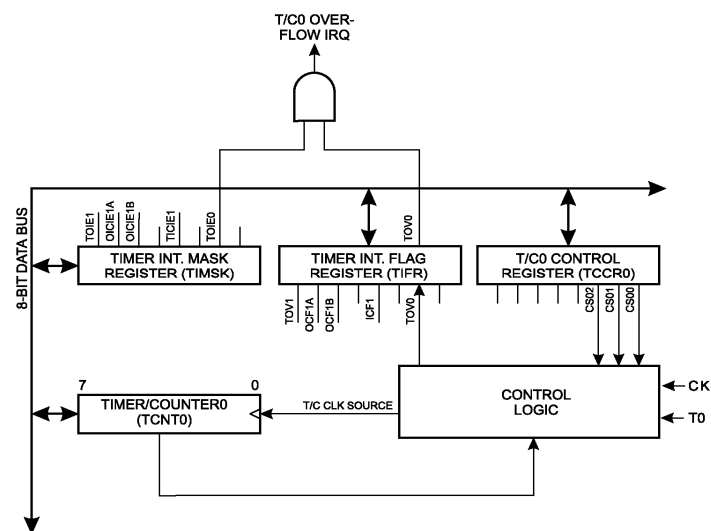
Alamat untuk byte yang akan ditulis dimasukkan ke dalam EEPROM *Address Register* (EEAR). Data akan diletakkan dalam EEPROM *Data Register* (EEDR). EECR (EEPROM *Control Register*) digunakan untuk mengontrol operasi dari EEPROM. EECR memiliki empat bit, yaitu EEMWE, EEWE, EERIE, dan EERE (EEPROM *Read Enable*) digunakan untuk membaca EEPROM. Untuk dapat menulis pada EEPROM, pertama kita harus mengeset EEMWE (EEPROM *Master Write Enable*) bit, dan jika tidak terlebih dahulu mengeset EEMWE, maka pengesetan EEWE (EEPROM *Write Enable*) akan tidak berpengaruh. Bit EEWE juga digunakan apabila EEPROM siap untuk ditulisi byte baru. Ketika EEPROM bekerja, EEWE dalam keadaan set, dan akan *clear* apabila EEPROM telah siap. Program yang dibuat harus menunggu *looping* bit

sampai *clear* sebelum menuliskan *byte* selanjutnya (Wardhana, 2006). Konfigurasi register EECR ditunjukkan dalam Gambar 2.9.

Untuk membaca data dari EEPROM, kita harus mengecek apakah EEPROM tidak sedang melakukan polling pada bit EEWB, kemudian register EEAR diset untuk alamat yang akan kita baca dan data yang diminta akan ditemukan pada register EEDR.

2.7.2.3 Timer/Counter

AVR ATmega8535 memiliki tiga buah timer, yaitu *Timer/Counter 0* (8bit), *Timer/Counter 1* (16bit), dan *timer/counter 2* (8bit). *Timer/Counter0* merupakan *up counter* 8 bit (TCNT0) dengan akses baca dan tulis. Saat *Timer/Counter0 overflow*, akan dibangkitkan sinyal TOV0 yang dapat digunakan untuk membangkitkan *interrupt* dengan men-*set* bit TOIE dalam *Timer Interrupt Mask Register* (TIMSK). Blok diagram *Timer/Counter0* dapat dilihat dalam Gambar 2.10.

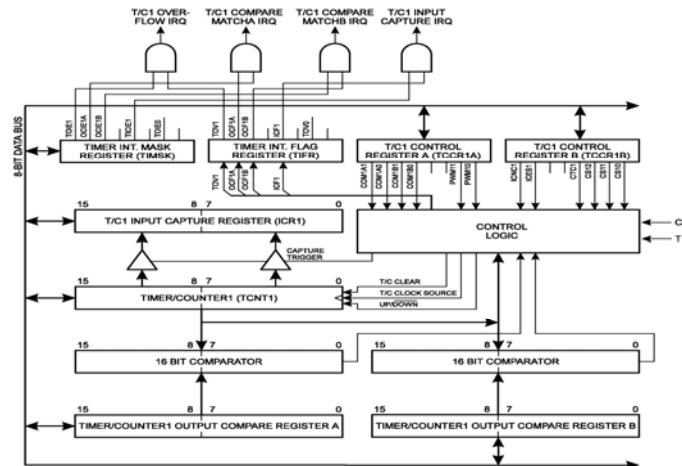


Gambar 2.10. Blok diagram *Timer/Counter0*

Sumber : Atmel, 1999 : 33

Timer/Counter1 merupakan *up/down counter* 16 bit (*down counter* hanya bisa digunakan saat mode PWM). *Timer/Counter1* dapat dibaca atau ditulisi dengan mengakses *Timer/Counter1 High* (TCNT1H) dan *Timer/Counter1 Low* (TCNT1L). Saat CPU menulis ke TCNT1H, data disimpan ke *register* TEMP. Saat CPU menulis ke TCNT1L, data dari CPU dikombinasikan dengan data di *register* TEMP ditulis ke *Timer/Counter1*, sehingga penulisan ke *Timer/Counter1* harus diawali dengan penulisan ke TCNT1H. Sedangkan saat pembacaan TCNT1L, data TCNT1L dikirimkan ke CPU dan data TCNT1H di simpan ke *register* TEMP. Saat CPU membaca data dari TCNT1H, CPU menerima data dari *register* TEMP, sehingga pembacaan ke

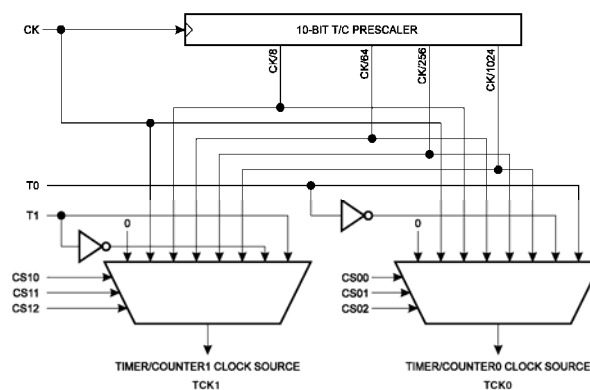
Timer/Counter1 harus diawali dengan pembacaan ke TCNT1L. Blok diagram *Timer/Counter1* dapat dilihat dalam Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Blok diagram *Timer/Counter1*

Sumber : Atmel, 2001 : 34

Clock Timer/Counter dapat berupa *clock* internal CPU atau *clock* eksternal dari pin T0/T1. *Timer/Counter* pada AVR memiliki pembagi frekuensi *clock* dari CPU (CK). Dengan menggunakan *clock* internal CPU, dapat dipilih frekuensi CK, CK/8, CK/64, CK/256, dan CK/1024. Saat *Timer/Counter* menggunakan *clock* eksternal, sinyal eksternal disinkronkan dengan frekuensi osilator CPU. Untuk mendapatkan sampling *clock* eksternal yang sesuai, waktu minimum antara dua transisi *clock* eksternal harus sedikitnya satu periode *clock* internal CPU. Sinyal *clock* eksternal disampling pada tepi naik *clock* internal CPU. Blok diagram *clock Timer/Counter* dapat dilihat dalam Gambar 2.12. Untuk pemilihan *clock* yang digunakan dapat dilihat dalam Tabel 2.1.



Gambar 2.12. Blok diagram *clock Timer/Counter*

Sumber : Atmel, 2001 : 32

Tabel 2.1. Pemilihan *clock Timer/Counter* pada AVR

CSX2	CSX1	CSX0	KETERANGAN
0	0	0	Stop
0	0	1	CK
0	1	0	CK/8
0	1	1	CK/64
1	0	0	CK/256
1	0	1	CK/1024
1	1	0	Pin TX, sisi turun
1	1	1	Pin TX, sisi naik

Keterangan : X = 0 atau 1

Sumber : Atmel, 1999 : 33

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Untuk merealisasikan alat yang telah dirancang, langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut:

3.1 Studi Literatur

Studi literatur dalam penulisan ini dimaksudkan untuk memperoleh data-data yang menunjang dalam perencanaan dan pembuatan alat. Beberapa teori yang digunakan meliputi sistem mikrokontroler AVR, sensor suhu LM35, *Optoswitch*, dan motor DC.

3.2 Perancangan Alat

Perancangan disesuaikan dengan fungsi dari komponen-komponen yang akan digunakan sesuai dengan literatur yang dipelajari sehingga terbentuk rangkaian yang diinginkan. Dalam perancangan ini perlu dilakukan analisis secara cermat, agar nilai komponen yang dipakai dapat terkondisi (*ter-setting*) dengan baik pada alat ini. Langkah-langkah yang dilakukan dalam tahap perancangan alat antara adalah:

- a. Pembuatan diagram blok rangkaian.
- b. Perencanaan dan pembuatan rangkaian dari masing-masing blok
- c. Mengadakan pengujian untuk tiap-tiap blok.
- d. Menggabungkan tiap-tiap blok menjadi sebuah sistem.
- e. Pembuatan perangkat lunak
- f. Mengadakan pengujian sistem.

3.3 Pembuatan Alat

Dalam pembuatan alat dilakukan sesuai dengan perencanaan. Adapun tahap pembuatan alat dimulai dengan pembuatan unit rangkaian per blok pada PCB. Selanjutnya tiap blok rangkaian dilakukan pengujian awal. Kemudian dilakukan penggabungan tiap blok menjadi suatu sistem sesuai dengan perencanaan.

Sebagai tahap terakhir dari pembuatan alat adalah perakitan komponen elektronika pada PCB yang telah jadi. Untuk pemasangan komponen diawali dengan memasang komponen pasif seperti *jumper*, resistor, kapasitor, dan *soket* IC. Kemudian

dilanjutkan dengan pemasangan komponen aktif seperti IC. Setelah pemasangan komponen tiap blok selesai, dilakukan penggabungan antara blok rangkaian PCB.

3.4 Pengujian Alat

Tahap terakhir adalah pengujian dan analisa yaitu menguji setiap blok rangkaian dan dibandingkan dengan teori yang ada sehingga didapatkan suatu kesimpulan tentang peralatan yang dibuat, selanjutnya dilakukan pengujian keseluruhan sistem. Peralatan yang digunakan dalam pengujian terdiri atas osiloskop dan multimeter. Pengujian alat diawali dengan pengujian masing-masing blok rangkaian. Jika masing-masing blok sudah bekerja dengan baik maka dilakukan penggabungan tiap-tiap blok menjadi suatu sistem yang terintegrasi.

3.5 Pengambilan Kesimpulan dan Saran

Tahap berikutnya adalah pengambilan kesimpulan dari peralatan yang dibuat. Pengambilan kesimpulan ini didasarkan pada kesesuaian antara perancangan dengan hasil pengujian. Tahap terakhir adalah saran yang dimaksudkan untuk memperbaiki kesalahan – kesalahan yang terjadi serta menyempurnakan penulisan.

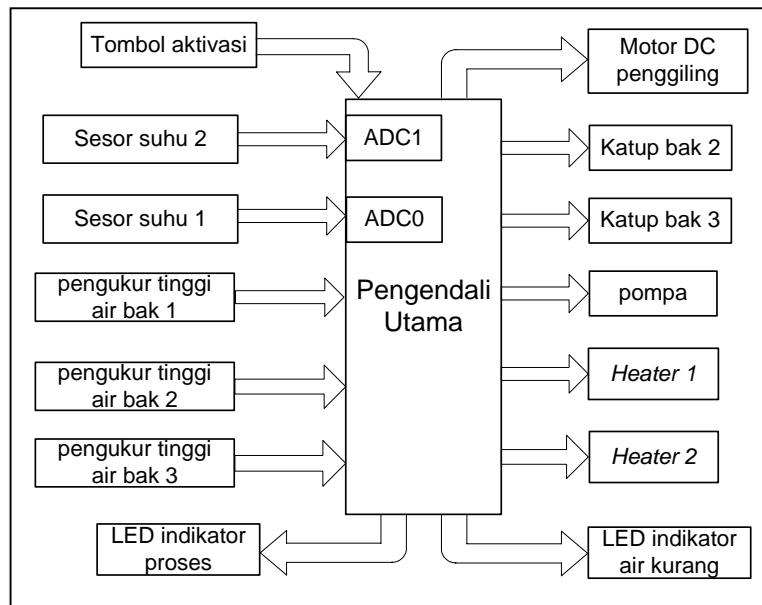
BAB IV

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Pada bab ini akan dibahas tentang perencanaan dan pembuatan prototipe alat pembuat bubur kedelai otomatis sebagai bahan baku pembuatan susu kedelai, menggunakan mikrokontroler AVR sebagai pengendali utama yang meliputi perencanaan sistem, penentuan spesifikasi alat, perencanaan masing-masing blok rangkaian serta perencanaan sistem secara keseluruhan.

4.1 Perencanaan Sistem

Perencanaan ini dilakukan secara bertahap untuk memudahkan dalam menganalisa setiap bagian sistem maupun keseluruhan sistem. Perencanaan dan pembuatan sistem ini terdiri atas dua perencanaan utama, yaitu perencanaan perangkat keras dan perencanaan perangkat lunak. Diagram blok prototipe alat pembuat bubur kedelai otomatis sebagai bahan baku pembuatan susu kedelai dapat dilihat dalam Gambar 4.1.



Gambar 4.1. Blok Diagram Alat

Keterangan blok diagram:

- Tombol aktivasi berfungsi untuk mengaktifkan alat.
- Sensor suhu 1 dan 2 berfungsi untuk mengukur suhu pada bak 2 dan 3, sensor yang digunakan adalah LM 35.

- ADC0 dan ADC1 digunakan untuk mengkonversi tegangan keluaran sensor suhu.
- Sistem pengukur tinggi air bak 1, bak 2, bak 3 berfungsi sebagai sensor posisi untuk mendeteksi keadaan air pada bak 1, bak 2, dan bak 3.
- Pusat pengendali sistem menggunakan mikrokontroler AVR Atmega8535.
- Motor DC digunakan untuk menggerakkan bagian penggiling.
- *Heater* digunakan untuk memanaskan air.

Cara kerja alat: Operator memasukkan bahan yang akan diolah kemudian menekan tombol aktivasi alat sebagai tanda proses dimulai. Sesaat setelah tombol aktivasi ditekan, mikrokontroler akan membaca data yang tersimpan dalam EEPROM internalnya untuk mengecek apakah ada proses yang belum selesai dilakukan sementara terjadi listrik padam. Jika tidak ada data dalam EEPROM maka sistem akan dilanjutkan dengan mendeteksi keadaan bak 1 dengan membaca tegangan dari sistem pengukur ketinggian air bak 1. Jika tegangan keluarannya sebesar 5 Volt maka proses akan dilanjutkan sedangkan jika tegangannya 0 Volt maka proses akan dihentikan karena jumlah air yang tersedia dalam bak 1 tidak mencukupi untuk keseluruhan proses. Jika proses dilanjutkan, sistem akan melakukan proses penakaran air. Air dari bak 1 akan dipompakan ke bak 2. Setelah air mencukupi maka katup pada bak 2 akan dibuka sehingga air masuk ke bak 3. Proses selanjutnya adalah perebusan kedelai, mikrokontroler akan mengaktifkan *heater* pada bak 3 dan mulai membaca tegangan keluaran sensor suhu yang mengindikasikan apakah air sudah mendidih atau belum. Jika air sudah mendidih, *timer* akan mulai diaktifkan dan menghitung selama 5 menit, yang berarti lama proses perebusan adalah 5 menit terhitung setelah air mendidih. Setelah proses perebusan selesai, sistem akan melakukan proses penakaran air lagi. Jika jumlah air di bak 2 sudah mencukupi maka *heater* pada bak 2 akan diaktifkan untuk merebus air hingga mendidih, dan bersamaan dengan itu ADC pada mikrokontroler akan mulai membaca tegangan keluaran sensor suhu. Bila air sudah mendidih maka

heater dimatikan dan air dialirkan ke bak 3. Setelah air dialirkan, motor penggiling diaktifkan sehingga terjadi proses penggilingan sekaligus pencampuran antara kedelai yang telah direbus dengan air panas yang akan menghasilkan bubur kedelai. Proses penggilingan dilakukan selama 5 menit. Untuk mengeluarkan sari kedelai yang dihasilkan, operator harus menekan tombol aktivasi untuk membuka katup bak 3 dan setelah selesai tombol aktivasi ditekan sekali lagi untuk menutup katup bak 3. Jika keseluruhan proses telah selesai sistem akan memberi tanda dengan menyalakan LED. Sistem akan menyimpan *progress report* setiap satu tahapan proses yang telah dilakukan ke dalam EEPROM. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi kerugian yang mungkin timbul apabila proses sedang berlangsung dan suplai tegangan tiba-tiba mati (listrik terputus) sehingga sistem cukup melanjutkan proses yang belum dijalankan dan tidak perlu mengulangi dari awal.

4.2 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat yang akan dibuat adalah sebagai berikut:

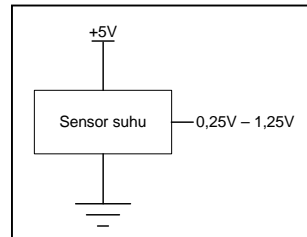
- Sistem penakar untuk bahan cair dibuat tetap (*fixed*) yang perbandingannya disesuaikan dengan jumlah bahan kedelai yang digunakan.
- Sistem penggerak penggiling menggunakan motor DC 24V.
- Sistem hanya menangani kedelai kering yang sudah direndam dengan larutan air soda kue, dengan berat kering 50 gram.
- Sensor suhu yang digunakan adalah LM35.
- Elemen pemanas yang digunakan terbuat dari logam.
- Memerlukan catu daya sebesar +5V, +12V, +24V dan tegangan jala-jala 220V.
- Menggunakan Mikrokontroler AVR ATmega8535 sebagai pengendali utama.
- Tegangan keluaran AVR ATmega8535 adalah 5V dengan arus 20mA.

4.3 Perencanaan Perangkat Elektronik

4.3.1 Rangkaian Sensor Suhu

Sensor suhu yang digunakan dalam perancangan adalah IC LM35 yang berfungsi sebagai *transducer* yang akan mengubah besaran suhu menjadi

besaran elektrik berupa tegangan. Sensor digunakan untuk mendeteksi suhu saat proses perebusan air dan saat proses perebusan kedelai. Rangkaian sensor suhu LM35 ditunjukkan dalam Gambar 4.2. Sensor suhu ini akan dihubungkan dengan ADC internal dari mikrokontroler, dimana ADC akan membaca tegangan keluaran dari sensor dan akan mengkonversinya menjadi level logika 0 atau 1.



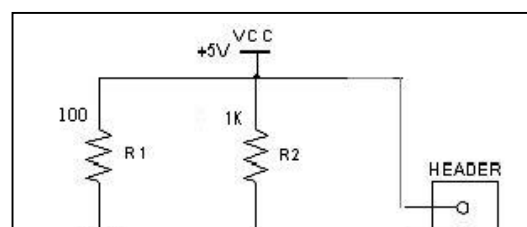
Gambar 4.2. Rangkaian Sensor Suhu LM35

Cara kerja rangkaian ini cukup sederhana, IC LM35 akan diletakkan di atas tutup bak, sensor akan mengukur suhu uap air dari air yang sedang direbus. Selama air belum mendidih (suhu air belum mencapai 100°C), maka tegangan keluaran sensor akan bernilai lebih kecil daripada referensi pembandingan pada ADC sehingga *heater* akan tetap aktif. Selama proses perebusan, tegangan keluaran sensor akan naik seiring dengan kenaikan suhu air, dan ketika air mendidih (suhu air sudah mencapai 100°C), tegangan keluaran sensor akan melebihi nilai referensi yang diset pada ADC sehingga ADC akan memberikan logika 1 dan *heater* akan dimatikan.

4.3.2 Rangkaian Optoswitch

Rangkaian *optoswitch* atau system pengukur ketinggian air digunakan untuk mendeteksi keadaan air di dalam bak. *Optoswitch* diletakkan di luar bak dan akan mendeteksi plat mika yang diletakkan sedemikian rupa agar dapat mengukur ketinggian air di dalam bak.

Prinsip kerja dari rangkaian sensor posisi ini adalah pada saat sinar infrared pada *optoswitch* belum tertutup oleh penghalang maka tegangan keluaran pada rangkaian *optoswitch* sebesar 0V sedangkan pada saat sinar infrared *optoswitch* tertutup oleh penghalang maka tegangan keluaran pada rangkaian *optoswitch* sebesar 5V. Rangkaian *optoswitch* yang digunakan dapat dilihat dalam Gambar 4.3.



Gambar 4.3. Rangkaian *Optoswitch*

$$V_{CC} = I_F \cdot R_1 + V_{IRED} \quad (4.1)$$

$$R_1 = \frac{V_{CC} - V_{IRED}}{I_F}$$

Diketahui arus maksimal yang mengalir pada *IRED* (I_1) adalah 60mA, jadi besarnya arus yang mengalir pada *IRED* (I_1) harus lebih kecil dari 60mA. Sedangkan tegangan jatuh pada *IRED* (V_{IRED}) sebesar 1,7V maka besar hambatan minimal yang mengalir pada *IRED* dapat diketahui dengan perhitungan berdasarkan Persamaan 4.1 yaitu :

$$R_{1(\min)} = \frac{5V - 1,7V}{I_{F(\max)}}$$

$$R_{1(\min)} = \frac{5V - 1,7V}{60mA}$$

$$R_{1(\min)} = \frac{3,3V}{60mA}$$

$$R_{1(\min)} = 55 \Omega$$

Jadi besar hambatan yang mengalir pada *IRED* (R_1) yaitu harus lebih besar dari 55 Ω .

Dengan besar hambatan $R_1 = 100 \Omega$, maka besar arus yang mengalir pada *IRED* adalah

$$I_F = \frac{V_{CC} - 1,7V}{R_1}$$

$$I_F = \frac{5V - 1,7V}{100\Omega}$$

$$I_F = \frac{3,3V}{100\Omega}$$

$$I_F = 33mA$$

Dari datasheet diketahui besar CTR (*Current Transfer Ratio*) minimum *optoswitch* adalah 20%

$$CTR = \frac{I_C}{I_F} \times 100\%$$

$$20\% = \frac{I_C}{33mA} \times 100\%$$

$$I_C = \frac{33mA}{5}$$

$$I_C = 6,6mA$$

Sedangkan untuk menentukan besar hambatan R_2 adalah

$$V_{CC} = I_C \cdot R_2 + V_{CE(sat)} \quad (4.2)$$

$$R_2 = \frac{V_{CC} - V_{CE(sat)}}{I_C}$$

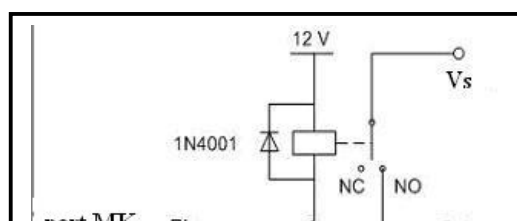
$$R_2 = \frac{5V - 0,4V}{6,6mA}$$

$$R_2 = 0,697k\Omega$$

Jadi, nilai minimum hambatan yang harus dipasang pada kaki kolektor transistor adalah 0,697 k Ω . Untuk memastikan bahwa transistor bekerja pada mode saturasi dan *cut off* maka nilai hambatan harus disesuaikan dan didalam perancangan digunakan nilai hambatan sebesar 1k Ω .

4.3.3 Rangkaian Driver Relay

Rangkaian *driver relay* ini digunakan agar *relay* dapat memutuskan arus listrik bila pemakaian alat sudah selesai. Rangkaian pengendali *relay* menggunakan transistor sebagai *switch* untuk mengaktifkan *relay*. Pemakaian dioda yang dipasang paralel dengan *relay* bertujuan untuk melindungi transistor dari GGL lawan *relay* yang cukup besar pada saat *relay* dalam keadaan *off*. Jika suatu tegangan yang mewakili level logika 1 untuk memberikan bias pada transistor, maka transistor akan *on* dan mengalirkan arus pada *relay* sehingga *relay* akan mengalirkan arus listrik ke beban (alat). Rangkaian pengendali *relay* ini ditunjukkan dalam Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Rangkaian *Diver Relay*

Rangkaian pengendali *relay* ini mendapat masukan dari mikrokontroler, yaitu dengan tegangan keluaran (V_{OH}) minimal 4,2 volt dengan arus 20 mA. Sedangkan arus yang membias *relay* (I_C) dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$V_{CC} = V_{CE} + I_C R_{Relay} \quad (4.3)$$

Dalam kondisi saturasi dimana $V_{CE} \approx 0$ volt, dan nilai hambatan internal relay diketahui sebesar 400Ω maka :

$$I_{C(sat)} = \frac{V_{CC}}{R_{relay}} = \frac{12}{400} = 30 \text{ mA}$$

Karena besar arus I_C pada keadaan saturasi adalah 30 mA, sehingga transistor yang digunakan harus memiliki I_C pada keadaan saturasi yang lebih besar dari 30 mA. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut digunakan transistor FCS9014. Dari datasheet transistor diketahui bahwa:

$$I_{C(max)} = 100 \text{ mA}$$

$$\beta_{(min)} = 100 \text{ dan } \beta_{(max)} = 300$$

Untuk memastikan transistor dalam keadaan saturasi pada level arus *relay*, diperlukan arus basis sebesar:

$$I_B = \left(\frac{I_{relay}}{\beta_{(min)}} \right)$$

$$I_B = \left(\frac{30mA}{100} \right)$$

$$I_B = 0,3 \text{ mA}$$

Dengan tegangan keluaran minimal (V_{OH}) dari mikrokontroler sebesar 4,2 V, maka besarnya resistor pembatas pada basis adalah:

$$V_{OH(min)} = I_B \cdot R_B + V_{BE(max)}$$

$$R_B = \frac{V_{OH(min)} - V_{BE(max)}}{I_B}$$

$$R_B = \left(\frac{(4,2 - 1)V}{0,3mA} \right)$$

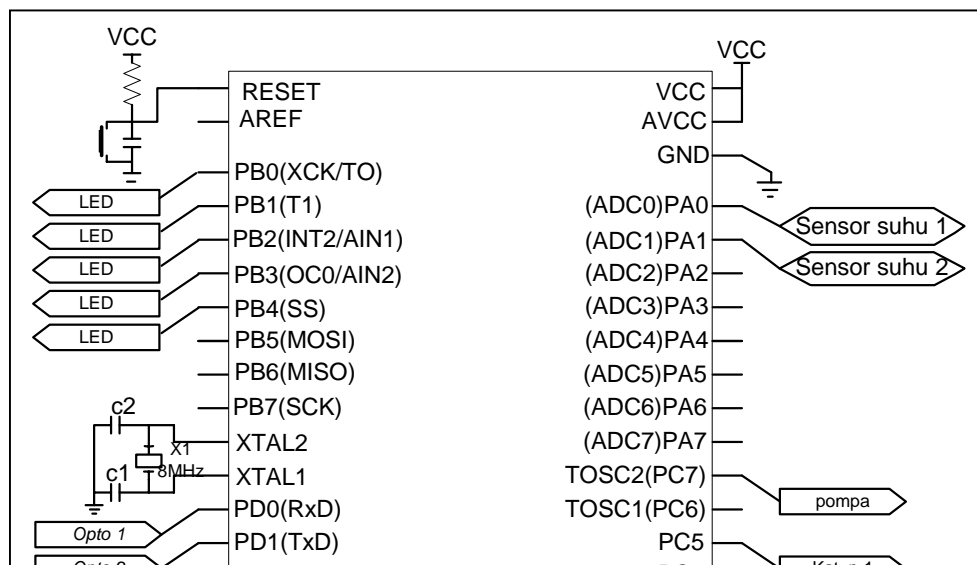
$$R_B = 10,67 \text{ k}\Omega$$

Besar resistor pembatas arus pada basis adalah 10,67 k Ω , pada rangkaian digunakan resistor sebesar 10 k Ω . Dalam perancangan alat, rangkaian *driver relay* ini akan digunakan untuk mengendalikan motor DC, katup solenoid, pompa dan *heater*.

4.3.4 Rangkaian Pengendali Utama

Salah satu komponen yang digunakan dalam alat ini adalah mikrokontroler ATmega8535, yaitu sebagai pengendali utama. Mikrokontroler jenis ini memiliki kecepatan instruksi per MHz yang tinggi, yaitu 8 M instruksi per detik pada frekuensi kerja 8 MHz, memiliki 4 port yang dapat difungsikan sebagai port masukan maupun keluaran yaitu port A, port B, port C, dan port D, dimana port A juga dapat berfungsi sebagai ADC. Sebagai pusat kendali utama bagi alat, pin-pin pada mikrokontroler dihubungkan dengan rangkaian pendukung sehingga membentuk suatu minimum sistem seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.5.

Port-port yang digunakan dalam perancangan dipilih dan disesuaikan berdasarkan kebutuhan. Untuk sensor suhu LM35 dihubungkan dengan Port A mikrokontroler karena diperlukan proses pengkonversian pada keluaran sensor, yaitu dari besaran tegangan menjadi sebuah level logika yang diwakili dengan 1 atau 0 sehingga diperlukan piranti ADC (*Analog to Digital Converter*). Port A dipilih karena selain sebagai jalur masukan/keluaran, Port A juga dapat berfungsi sebagai ADC. Delapan bit portC digunakan sebagai jalur keluaran untuk menangani devais keluaran dari sistem yang berupa pompa, katup solenoid, motor DC, 2 buah *heater*, dan LED.



Gambar 4.5. Rangkaian Pengendali Utama

Sebagai jalur masukan untuk menangani sistem ketinggian air pada bak 1, bak 2, dan bak 3, *limitswitch* kran, serta untuk dihubungkan dengan *push button* maka keenam pin pada portD mikrokontroler diseting sebagai jalur masukan dan dua pin lainnya difungsikan sebagai jalur keluaran. Port B dihubungkan dengan LED yang mewakili masing-masing proses sehingga operator dapat mengetahui proses yang sedang dijalankan sistem. Untuk mengatur fungsi tiap-tiap port pada mikrokontroler dilakukan penyettingan pada register internal dari mikrokontroler. Penyettingan ini dilakukan dalam perangkat lunak (*software*).

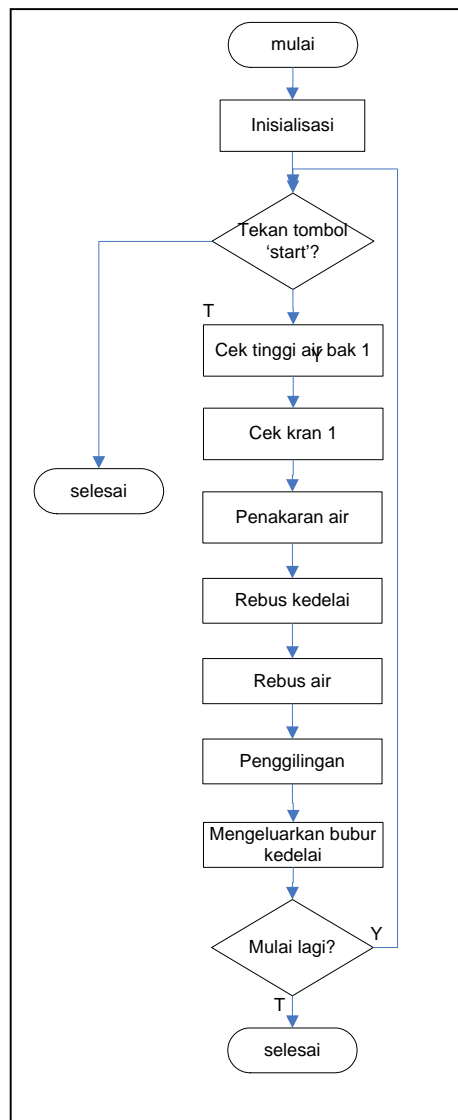
Untuk mengaktifkan rangkaian mikrokontroler ini, maka rangkaian diberi suplai tegangan sebesar +5V pada pin 40 dan diberi tegangan nol pada pin31 dan pin11. Minimum sistem mikrokontroler ini juga dilengkapi dengan rangkaian *reset* yang berfungsi untuk mereset rangkaian setiap kali catudaya dinyalakan.

4.4 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang dibuat menggunakan bahasa *assembler* yang kompatibel dengan mikrokontroler AVR ATmega8535. Pembuatan program assembler menggunakan perangkat lunak AVR Studio 4 yang diproduksi oleh ATMEL Corporation. Selain sebagai *compiler* program, *software* ini juga memungkinkan *programmer* dapat menjalankan program secara multistep atau auto step, sekaligus mengetahui isi register dan terminal I/O. Perangkat lunak yang dibuat dan disesuaikan dengan kebutuhan alat yang akan direalisasikan agar tujuan akhir perancangan dapat terpenuhi.

4.4.1 Program Utama

Program utama merupakan program perulangan terus menerus yang terdiri dari proses pendeteksian tiap-tiap sensor, pengaktifan motor, katup solenoid dan *heater*. Diagram alir dari program utama ditunjukkan dalam Gambar 4.6.

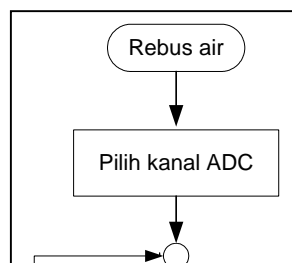


Gambar 4.6. Diagram alir program utama

Cara kerja sistem secara umum seperti dalam diagram alir program utama adalah sebagai berikut: proses yang pertama kali dijalankan adalah proses inisialisasi mikrokontroler. Inisialisasi mikrokontroler terdiri dari pembacaan EEPROM, inisialisasi ADC, dan port-port yang digunakan. Setelah inisialisasi selesai maka dilanjutkan dengan pengecekan apakah ada penekanan pada tombol *start* atau tidak. Jika tombol *start* ditekan maka program akan mengeksekusi perintah selanjutnya tapi jika tombol *start* tidak ditekan maka program selesai. Kemudian dilakukan pengecekan keadaan air pada bak 1 dengan cara mengecek logika sensor *optoswitch* 1. Selanjutnya adalah proses penakaran air yaitu mengukur jumlah air yang akan dibutuhkan untuk proses perebusan kedelai. Penakaran air dilakukan dengan mengalirkan air dari bak 1 ke bak 2 dan menunggu sampai sensor air pada bak 2 mengindikasikan jumlah air sudah mencukupi. Setelah takaran air sesuai maka air dialirkan ke bak 3. Setelah bak 3 siap, *heater* 2 diaktifkan dan proses perebusan kedelai dimulai. Jika proses perebusan kedelai telah selesai maka akan dilanjutkan dengan melakukan proses penakaran air untuk yang kedua kalinya. Setelah volume air dalam bak penakar mencukupi maka air dalam bak penakar ini kemudian dididihkan. Jika air sudah mendidih maka air dialirkan ke bak 3. Setelah air dialirkan ke bak 3 maka motor pun diaktifkan dan *timer* mulai menghitung lama penggilingan. Jika *timer* sudah selesai maka motor dimatikan. Kemudian dilakukan proses mengeluarkan bubur kedelai yang telah dihasilkan. Selanjutnya, sistem menunggu untuk proses selanjutnya yaitu jika tombol '*start*' ditekan lagi.

4.4.2 Subprogram *Analog to Digital Converter (ADC)*

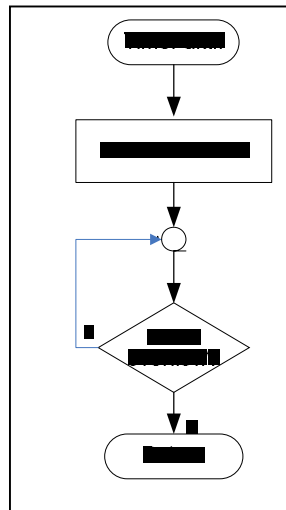
ADC diaktifkan dengan menyeting bit-bit pada register ADMUX dan ADCSR. ADC akan mendeteksi tegangan keluaran sensor suhu LM35 dan mengkonversinya kedalam nilai biner lalu membandingkannya dengan nilai referensi pembanding yang sudah diset sebelumnya. Jika keluaran dari sensor suhu lebih kecil dari pada referensi pembanding maka keluaran ADC adalah level logika 0. Tapi jika keluaran sensor suhu lebih besar dari referensi maka keluaran ADC adalah level logika 1. Gambar 4.7 menunjukkan diagram alir subprogram ADC.



Gambar 4.7. Diagram Alir
Subprogram *Analog to Digital Converter*

4.4.3 Subprogram *Timer/Counter*

Untuk mengaktifkan fitur *Timer/Counter*, perlu dilakukan seting bit-bit pada register TIMSK dan TCNT. *Timer* digunakan untuk menghitung durasi beberapa proses. Diagram alir pemanggilan fungsi *timer* ditunjukkan dalam Gambar 4.8



Gambar 4.8 Diagram Alir Subprogram *Timer/Counter*

BAB V

PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini akan membahas pengujian dan analisis alat yang telah dirancang dan direalisasikan. Pengujian dilakukan pada tiap-tiap blok dengan tujuan untuk mengamati apakah tiap blok rangkaian sudah sesuai dengan yang diharapkan baru kemudian dilanjutkan dengan pengujian keseluruhan sistem.

Adapun pengujian yang dilakukan adalah:

1. Pengujian rangkaian sensor suhu LM35
2. Pengujian rangkaian sistem pengukur ketinggian air (*optoswitch*)
3. Pengujian rangkaian katup solenoid dan pengendalinya
4. Pengujian rangkaian *heater* dan pengendalinya
5. Pengujian rangkaian motor dan pengendalinya
6. Pengujian perangkat lunak AVR ATmega 8535
7. Pengujian keseluruhan sistem

5.1 Pengujian Rangkaian Sensor Suhu LM35

5.1.1 Tujuan Pengujian

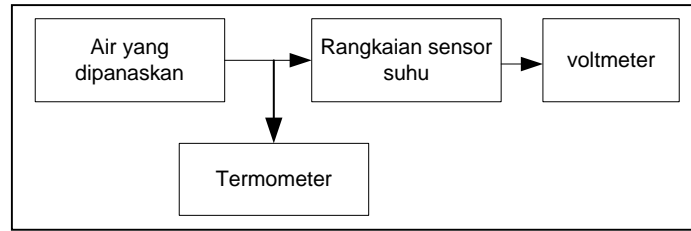
Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi suhu uap air dari air yang mengalami proses perebusan yang digunakan selama proses serta untuk mengetahui besar penyimpangan tegangan keluaran pada sensor.

5.1.2 Prosedur Pengujian

Peralatan yang digunakan dalam pengujian rangkaian sensor suhu adalah:

- Rangkaian sensor suhu LM35
- Catu daya +5 V
- Multimeter

Proses pengujian dilakukan dengan menyiapkan rangkaian sensor suhu seperti terlihat dalam Gambar 5.1. Setelah semua komponen telah terpasang dengan benar maka rangkaian dapat dihubungkan dengan catu daya 5 V DC. Air mulai dipanaskan dengan menggunakan *heater* dan sensor suhu dan termometer diletakkan di atas tutup *heater* yang telah dilubangi sebagai jalan keluar bagi uap air. Kemudian diukur tegangan keluarannya dengan voltmeter dan diamati penunjukan termometer.



Gambar 5.1. Blok Diagram Pengujian Rangkaian Sensor Suhu

5.1.3 Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil yang diperoleh dari pengujian rangkaian sensor suhu dapat dilihat dalam Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian Rangkaian Sensor Suhu LM35

Suhu uap air ($^{\circ}\text{C}$)	Vout (V)		Kesalahan absolut
	Perhitungan	Pengukuran	
50	0,5	0,49	0,01
60	0,6	0,58	0,02
70	0,7	0,69	0,01
80	0,8	0,8	0
90	0,85	0,84	0,01

Keterangan:

$$\text{Kesalahan absolut} = |V_{\text{perhitungan}} - V_{\text{pengukuran}}|$$

Dari tabel hasil pengujian dapat dilihat adanya perbedaan antara nilai tegangan yang diperoleh dari pengujian dengan nilai tegangan secara perhitungan. Besarnya kesalahan (kesalahan absolut) yang terkecil adalah 0 dan kesalahan maksimumnya adalah sebesar 0,02. Terjadinya kesalahan ini bisa disebabkan karena pengukuran suhu uap air dilakukan pada kondisi tekanan yang tidak tetap, sehingga peredaran uap air yang sampai ke bagian sensor tidak konstan.

5.2 Pengujian Rangkaian Sistem Pengukur Ketinggian Air (*optoswitch*)

5.2.1 Tujuan Pengujian

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui performa sistem pengukur ketinggian air yang dirancang dengan menggunakan *optoswitch* dan plat mika.

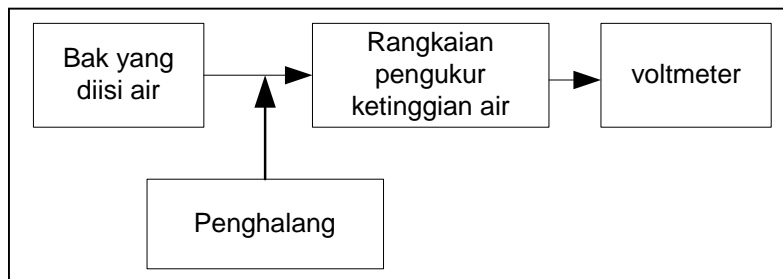
5.2.2 Prosedur Pengujian

Peralatan yang digunakan dalam pengujian rangkaian sistem pengukur ketinggian air adalah:

- Catu daya 5 V

- Rangkaian sistem pengukur ketinggian air
- Multimeter
- Penghalang

Pengujian rangkaian sistem pengukur ketinggian air ini dilakukan dengan memberikan catu daya sebesar 5 V DC pada rangkaian, kemudian air mulai dialirkan ke dalam bak dan menunggu sampai pelampung dan plat mika naik. Tegangan keluaran pada *optoswitch* diukur ketika tidak ada penghalang pada penyinaran *optoswitch* dan juga ketika ada penghalang. Rangkaian pengujian sistem pengukur ketinggian air ditunjukkan dalam Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Blok Diagram Pengujian Rangkaian Sistem Pengukur Ketinggian Air (*Optoswitch*)

5.2.3 Hasil Pengujian dan Analisis

Hasil pengujian dari rangkaian sistem pengukur ketinggian air dapat dilihat dalam Tabel 5.2 yang menunjukkan adanya perbedaan antara tegangan masukan dengan tegangan keluaran sebesar 0,02 volt, hal ini disebabkan karena V_{cc} yang dipakai pada angkaian *optocoupler* tidak tepat sebesar 5 volt, sehingga terjadi perbedaan antara tegangan masukan dan keluaran yang diperoleh. Dari hasil pengujian juga diperoleh bahwa volume air yang terukur saat cahaya *optoswitch* terhalang adalah sebesar 750 ml. Hal ini berarti sistem pengukur ketinggian air yang dirancang sudah bekerja sesuai dengan kebutuhan.

Tabel 5.2 Pengujian Rangkaian Sistem Pengukur Ketinggian Air (*optoswitch*)

Cahaya <i>optoswitch</i>	Vout (V)		Kesalahan absolut
	Perhitungan	Pengukuran	
Terhalang	5 V	4,98 V	0,02
Tidak terhalang	0 V	0 V	0

Keterangan :

$$\text{Kesalahan absolut} = |V_{\text{perhitungan}} - V_{\text{pengukuran}}|$$

5.3 Pengujian Rangkaian Katup Solenoid dan Pengendalinya

5.3.1 Tujuan Pengujian

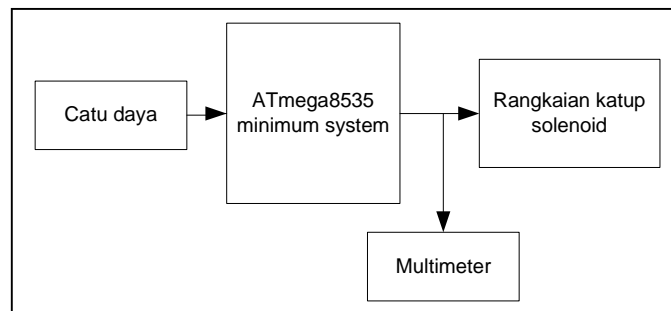
Tujuan pengujian rangkaian katup solenoid dan pengendalinya adalah untuk mengetahui apakah rangkaian yang pengendali dapat bekerja dengan baik dan katup solenoid bekerja sesuai perancangan.

5.3.2 Prosedur Pengujian

Peralatan yang digunakan dalam pengujian rangkaian katup solenoid adalah:

- Catu daya +12 V dan tegangan jala-jala 220V
- Rangkaian katup solenoid
- Multimeter
- AVR ATmega8535 *minimum system*

Seluruh komponen yang digunakan dalam pengujian dirangkai seperti dalam Gambar 5.3. Setelah semua siap maka rangkaian dihubungkan dengan catu daya 12V sedangkan katup solenoid dihubungkan dengan tegangan jala-jala 220V. Kemudian port mikrokontroler yang dihubungkan dengan rangkaian diberi logika *high* dan logika *low* secara bergantian untuk mengetahui keadaan katup solenoid pada tiap kondisi masukan.



Gambar 5.3 Blok Diagram Pengujian Rangkaian Katup Solenoid

5.3.3 Hasil Pengujian dan Analisis

Tabel 5.3 Hasil Pengujian Rangkaian Katup Solenoid

Tegangan masukan	Kontak <i>Relay</i>	Katup Solenoid	Aliran Air
<i>High</i>	Tertutup	Terbuka	Mengalir
<i>Low</i>	Terbuka	Tertutup	Berhenti

Dari Tabel 5.3 dapat dilihat bahwa saat tegangan masukan berada pada level *high* menyebabkan kontak *relay* tertutup sedangkan katup solenoidnya terbuka (aktif) dan air dapat mengalir melewati katup, sedangkan saat masukan berada pada level *low* maka *relay* terbuka dan katup kembali tertutup sehingga aliran air berhenti (tersumbat).

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa rangkaian katup solenoid dapat digunakan untuk mengontrol aliran air dari bak yang satu ke bak yang lain.

5.4 Pengujian Rangkaian *Heater* dan Pengendalinya

5.4.1 Tujuan Pengujian

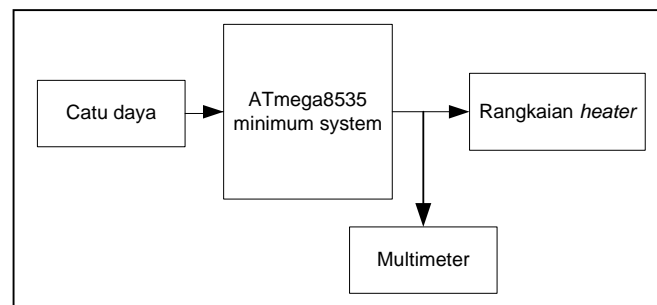
Tujuan pengujian rangkaian *heater* dan pengendalinya adalah untuk mengetahui apakah rangkaian yang pengendali dapat bekerja dengan baik untuk mengendalikan *heater* dan keseluruhan rangkaian bekerja sesuai perancangan.

5.4.2 Prosedur Pengujian

Peralatan yang digunakan dalam pengujian rangkaian *heater* adalah:

- Catu daya +12 V dan tegangan jala-jala 220V
- Rangkaian *heater*
- Multimeter
- AVR ATmega8535 *minimum system*

Seluruh komponen yang digunakan dalam pengujian dirangkai seperti dalam Gambar 5.4. Setelah semua siap maka rangkaian dihubungkan dengan catu daya 12V sedangkan *heater* dihubungkan dengan tegangan jala-jala 220V. Kemudian port mikrokontroler yang dihubungkan dengan rangkaian diberi logika *high* dan logika *low* secara bergantian, lalu diamati apakah *heater* aktif atau tidak dengan mengamati suhu air dalam bak.



Gambar 5.4 Blok Diagram Pengujian Rangkaian *Heater*

5.4.3 Hasil Pengujian dan Analisis

Tabel 5.4 Hasil Pengujian Rangkaian *Heater*

Tegangan masukan	Kontak <i>Relay</i>	Heater
High	Tertutup	Aktif
Low	Terbuka	Tidak aktif

Dari Tabel 5.4 dapat dilihat bahwa ketika tegangan masukan berada pada level *high* kontak *relay* akan berada pada kondisi tertutup sehingga *heater* pun aktif (suhu elemen pemanas meningkat) yang ditandai dengan meningkatnya suhu air yang dipanaskan, sedangkan saat masukan berada pada level *low* maka *relay* terbuka dan *heater* kembali tidak aktif. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa rangkaian *heater* dan pengendalinya dapat bekerja sesuai dengan perancangan.

5.5 Pengujian Rangkaian Motor dan Pengendalinya

5.5.1 Tujuan Pengujian

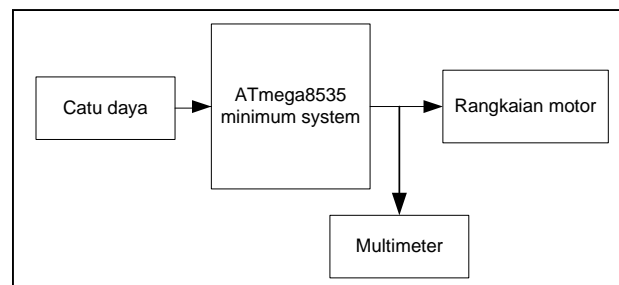
Tujuan pengujian rangkaian motor dan pengendalinya adalah untuk mengetahui apakah rangkaian pengendali dapat bekerja dengan baik untuk mengendalikan motor dan keseluruhan rangkaian bekerja sesuai perancangan.

5.5.2 Prosedur Pengujian

Peralatan yang digunakan dalam pengujian rangkaian motor adalah:

- Catu daya +12 V dan +24 V
- Rangkaian motor
- Multimeter
- AVR ATmega8535 *minimum system*

Seluruh komponen yang digunakan dalam pengujian dirangkai seperti dalam Gambar 5.5. Setelah semua siap maka rangkaian dihubungkan dengan catu daya 12V sedangkan motor dihubungkan dengan tegangan catu daya 24 V. Kemudian port mikrokontroler yang dihubungkan dengan pin masukan *relay* diberi logika *high* dan logika *low* secara bergantian lalu diamati apakah motor aktif atau tidak, yang ditandai dengan berputarnya motor. Untuk mengetahui kondisi kontak *relay* terhubung atau tidak digunakan ohmmeter.



Gambar 5.5 Blok Diagram Pengujian Rangkaian Motor

5.5.3 Hasil Pengujian dan Analisis

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Rangkaian Motor

Tegangan masukan	Kontak <i>Relay</i>	<i>Motor</i>
High	Tertutup	Aktif (berputar)
Low	Terbuka	Tidak aktif (berhenti)

Dari Tabel 5.5 dapat diketahui bahwa ketika masukan dari mikrokontroler adalah logika *high* maka kontak *relay* tertutup dan motor berputar (aktif) sedangkan pada saat masukan dari mikrokontroler berada pada logika *low* motor berhenti berputar (tidak aktif). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa rangkaian *driver relay* dan motor DC bekerja sesuai perancangan.

5.6 Pengujian Perangkat Pengendali Utama

5.6.1 Tujuan

Pengujian terhadap perangkat lunak yang digunakan dalam sistem yang dirancang dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat lunak yang telah dibuat sudah mampu menangani sistem dengan baik atau tidak.

5.6.2 Prosedur Pengujian

Prosedur yang dilakukan dalam pengujian perangkat lunak AVR ATmega8535 adalah:

- Membuat perangkat lunak untuk prototipe alat pembuat bubur kedelai otomatis dalam *software* AVR studio 4. File yang dibuat disimpan dengan ekstensi .ASM
- Perangkat lunak yang telah dibuat kemudian di *compile* dengan menjalankan *build* pada AVR studio. Langkah ini dimaksudkan untuk mengetahui ada tidaknya kesalahan pada perangkat lunak yang telah dibuat, sebelum nantinya akan diisikan ke mikrokontroler.
- Setelah proses *compile* selesai dan hasilnya tidak ada *error* dalam perangkat lunak maka dilanjutkan dengan menjalankan program *perstep* agar diketahui apakah alur dari program sudah sesuai dengan kebutuhan.

5.6.3 Hasil Pengujian dan Analisis

Setelah dilakukan pengujian dengan menggunakan simulator AVR Studio4, diperoleh hasil bahwa perangkat lunak yang telah dirancang dapat bekerja sesuai dengan perancangan yang ditunjukkan dengan tidak adanya *error* saat program di *compile*.

5.7 Pengujian Keseluruhan Sistem

5.7.1 Tujuan Pengujian

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui kerja secara keseluruhan sistem apakah sesuai dengan perencanaan awal yang diharapkan.

5.7.2 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan merangkai keseluruhan sistem, yaitu dari masing-masing blok rangkaian disusun menjadi sebuah sistem. Setelah semua blok rangkaian telah terpasang secara keseluruhan, catu daya dihubungkan pada masing-masing blok rangkaian sesuai dengan spesifikasi rangkaian. Kemudian kondisi keluaran alat di analisis apakah sesuai dengan perencanaan.

Peralatan yang digunakan untuk pengujian ini adalah :

- a. Kedelai yang sudah direndam dalam larutan soda kue
- b. Catu daya AC 220
- c. Catu daya +5V, +12V, +24V dan tegangan jala-jala 220V
- d. AVR ATmega8535 *minimum system*
- e. *Hardware* Sistem

5.7.3 Hasil Pengujian dan Analisis

Proses pengujian alat secara keseluruhan dilakukan dengan menyiapkan seluruh peralatan yang dibutuhkan termasuk sistem “prototipe alat pembuat bubur kedelai otomatis sebagai bahan baku pembuatan sari kedelai”. Untuk kelancaran pengujian, sebelumnya terlebih dahulu disiapkan bahan berupa kedelai kering yang telah direndam dalam larutan air soda kue selama satu malam. Setelah semua bahan dan alat siap maka pengujian dapat dilakukan. Bahan yang akan diproses dimasukkan ke dalam bak 3 lalu tombol ‘start’ ditekan. Penekanan tombol ‘start’ berarti dimulainya seluruh rangkaian proses otomatisasi yaitu proses yang pertama adalah penakaran jumlah air. Setelah tombol aktivasi ditekan mikrokontroler mengaktifkan katup bak 1 agar terbuka dan mengunggu sampai sistem pengukur ketinggian air berlogika 1. Setelah itu katup bak 2 dibuka dan air dialirkan ke bak 3. Selanjutnya adalah proses perebusan kedelai, mikrokontroler mengaktifkan *heater* dan ADC mulai mengkonversi tegangan keluaran sensor suhu. Jika air telah mendidih maka timer diaktifkan. Setelah perebusan kedelai selesai *heater* dimatikan dan air

dikeluarkan dari bak 3. Kemudian proses penakaran air dilakukan kembali dan jika volume air sudah mencukupi maka *heater* pada bak 2 diaktifkan dan menunggu sampai air mendidih. Proses yang terakhir adalah penggilingan kedelai, setelah air di bak 2 mendidih, katup bak 2 dibuka agar air mengalir ke bak 3 dan motor penggiling diaktifkan. Kemudian tombol aktivasi ditekan untuk membuka kran bak 3 dan mengeluarkan bubur kedelai yang dihasilkan dan tombol aktivasi ditekan lagi untuk menutup kran jika proses mengeluarkan sudah selesai. Setelah seluruh proses selesai maka sistem akan menyalakan LED indikator proses selesai.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa sistem secara keseluruhan baik *hardware* maupun *software* dapat beroperasi dengan baik dan menghasilkan bubur kedelai untuk kemudian disaring untuk menghasilkan sari kedelai sebanyak 750 ml dari bahan kedelai kering dengan berat 50 gram.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan baik pengujian per blok rangkaian maupun pengujian sistem secara keseluruhan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Prototipe alat yang dirancang dapat membuat bubur kedelai sebagai bahan baku pembuatan sari kedelai secara otomatis, dengan berat kedelai kering yang digunakan adalah 50gram.
2. Bubur kedelai yang dihasilkan memiliki perbandingan antara jumlah bahan kering dan jumlah air yang sesuai standar sehingga dihasilkan sari kedelai dengan komposisi 1 berbanding 15.
3. Sistem pengukur ketinggian air dapat digunakan untuk mengukur volume air sejumlah 750 ml sehingga volume air yang digunakan sesuai dengan perbandingan yang baku.
4. Sistem perebusan bekerja dengan baik sehingga dapat dipastikan air telah mencapai suhu sekitar 100⁰C dan air aman untuk dikonsumsi.

6.2 Saran

Meskipun alat ini sudah dapat bekerja dengan baik dan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, namun ada beberapa hal yang dapat dikembangkan dari alat ini di kemudian hari, antara lain:

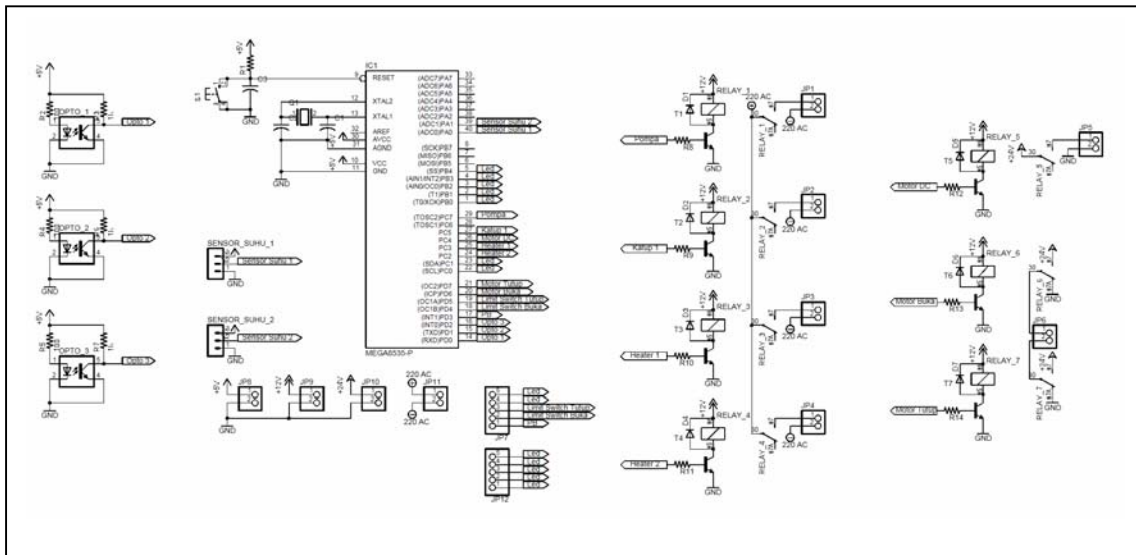
1. Dengan dukungan sistem mekanik yang lebih baik maka sangat dimungkinkan untuk mengotomatisasi keseluruhan proses.
2. Sistem dapat dikembangkan agar mampu menangani bahan kering dengan berat yang lebih beragam.
3. Sistem dapat diterapkan pada industri sari kedelai skala rumah tangga dengan melakukan penyesuaian pada bagian mekanik

- Atmel. 1999. *AVR Microcontroller*. Atmel. (<http://Atmel.com>)
- Hasbullah. 2002. *Susu Kedelai Cara Modifikasi Illionis*. <http://ipteknet.com>, tanggal akses: 5 Mei 2006.
- Koswara, Sutrisno. 1998. *Susu Kedelai Tak Kalah Dengan Susu Sapi*. <http://www.indonesia.com/intisari/>, tanggal akses: 5 Mei 2006.
- National Semiconductors. 2000. *LM35 Datasheet*. National Semiconductor. (<http://National semiconductors.com>)
- Petruzella, Frank D. 2002. *Elektronik Industri*. Terjemahan: Sumanto. Yogyakarta: ANDI.
- QT Optoelectronics. 1995. *Optoswitch Datasheet*. QT Optoelectronics. (<http://Alldatasheet.com>)
- Setyo, Eddy. 2005. *Susu Kedelai, Susu Nabati Yang Menyehatkan*. Depok: Agromedia Pustaka.
- Sularso. *Pompa dan Kompresor*. 1983. Jakarta: PT. Dain Nippon Press.
- Wardhana, Lingga. 2006. *Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR Seri ATmega8535*. Yogyakarta: ANDI.
-
-

LAMPIRAN 1

GAMBAR RANGKAIAN





Gambar L1-1 Rangkaian Alat

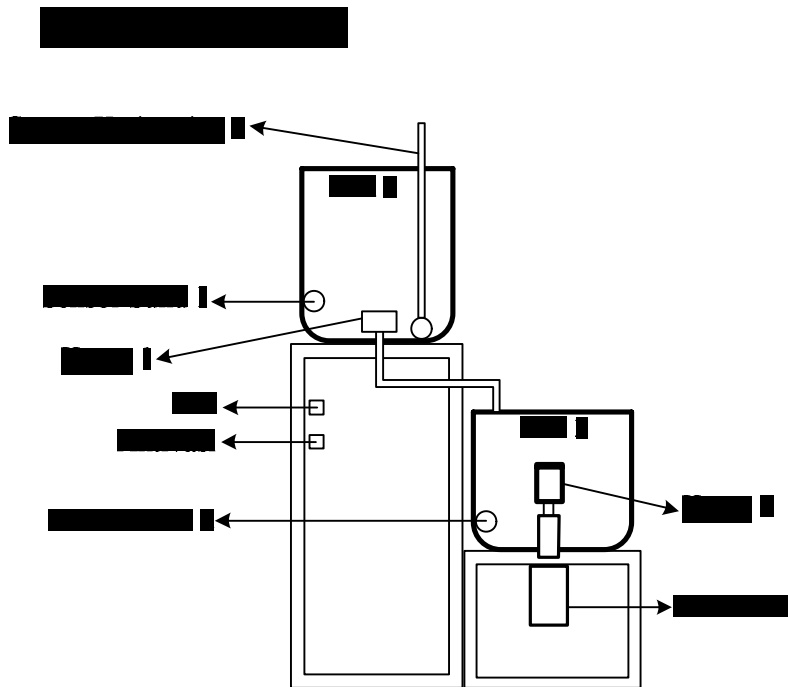
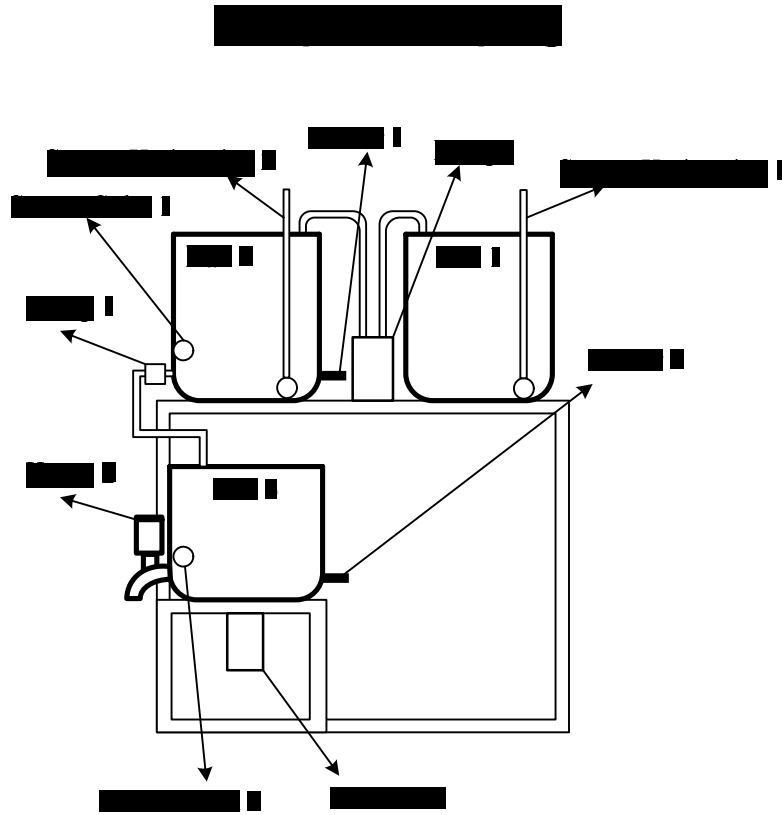
LAMPIRAN 2

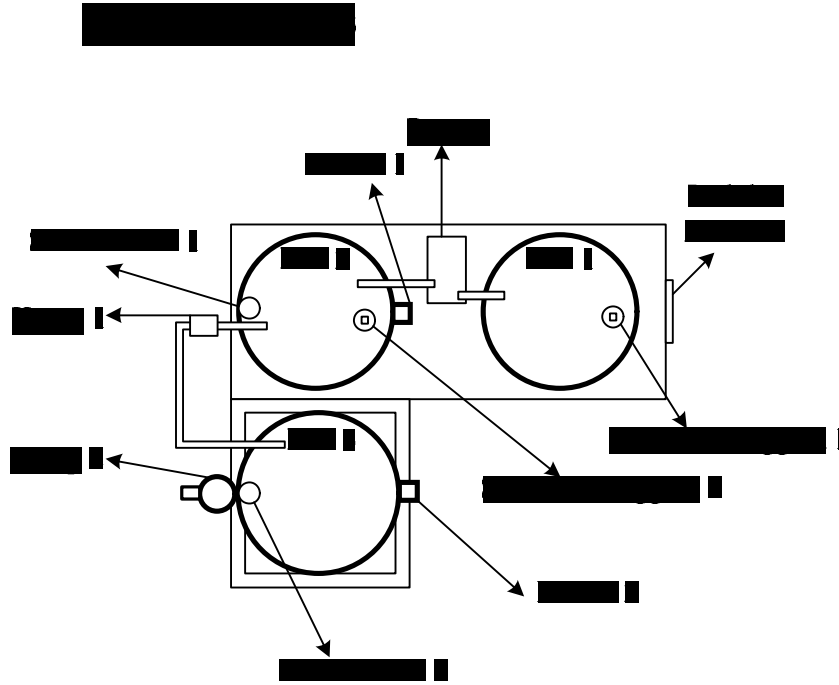
GAMBAR ALAT





Gambar L2-1. Foto Prototipe Alat Pembuat Bubur Kedelai Otomatis Sebagai Bahan Baku Pembuatan Sari Kedelai





LAMPIRAN 3

PETUNJUK PENGOPERASIAN ALAT

Petunjuk Pengoperasian Alat

1. Pastikan alat dalam keadaan baik.
2. Hubungkan alat dengan catu tegangan jala-jala 220V kemudian tekan tombol *power* yang berwarna merah.
3. Masukkan bahan yang akan diolah ke dalam bak 3.
4. Tekan tombol '*start*' yang berwarna kuning, tunggu sesaat, bila LED indikator air kurang (LED merah) menyala maka tambahkan air pada bak 1, tapi jika LED tidak menyala berarti proses akan segera dimulai, operator bisa meninggalkan alat dan melakukan pekerjaan lain karena alat akan melakukan seluruh proses secara otomatis.
5. Jika LED tanda proses penggilingan telah menyala berarti proses sudah selesai, operator dapat mengambil sari kedelai yang dihasilkan.
6. Untuk mengeluarkan sari kedelai, operator harus menekan tombol aktivasi untuk membuka kran bak 3 dan setelah seluruh sari kedelai dikeluarkan maka kran bak 3 ditutup dengan menekan tombol aktivasi sekali lagi.

LAMPIRAN 4

LISTING PROGRAM

*******program utama*******

```
.include "m8535def.inc"
.include "interrupt_vectors.asm"
.include "inisialisasi.asm"
.include "subrutin.asm"
.include "Delay.asm"
.include "eeprom.asm"
```

```
utama:
rjmp   aktivasi
```

```
Memulai_proses_dari_awal:
rcall  cek_tinggi_air_bak1
rcall  cek_kran
rjmp   penakaran_air
kembali_dari_penakaran_air:
rjmp   rebus_kedelai
kembali_dari_rebus_kedelai:
rjmp   rebus_air
kembali_dari_rebus_air:
rjmp   penggilingan
kembali_dari_penggilingan:
rjmp   mengeluarkan_bubur_kedelai
kembali_dari_mengeluarkan_bubur:
rjmp   utama
```

****** Vektor Interrupt Atmega8535******

```
.org 0x000 ;RESET External Pin, Power-on Reset, Brown-out Reset and Watchdog Reset
rjmp inisialisasi
.org 0x001 ;INT0 External Interrupt Request 0
reti
.org 0x002 ;INT1 External Interrupt Request 1
reti
.org 0x003 ;Timer/Counter2 Compare Match
reti
.org 0x004 ;Timer/Counter2 Overflow
reti
.org 0x005 ;Timer/Counter1 Capture Event
reti
.org 0x006 ;Timer/Counter1 Compare Match A
reti
.org 0x007 ;Timer/Counter1 Compare Match B
reti
.org 0x008 ;Timer/Counter1 Overflow
reti
.org 0x009 ;Timer/Counter0 Overflow
reti
.org 0x00A ;Serial Transfer Complete
reti
.org 0x00B ;Rx Complete
reti
.org 0x00C ;USART Data Register Empty
reti
.org 0x00D ;USART, Tx Complete
reti
.org 0x00E ;ADC Conversion Complete
reti
.org 0x00F ;EEPROM Ready
```

```

    reti
.org   0x010 ;Analog Comparator
    reti
.org   0x011 ;Two-wire Serial Interface
    reti
.org   0x012 ;External Interrupt Request 2
    reti
.org   0x013 ;COMP Timer/Counter0 Compare Match
    reti
.org   0x014 ;Store Program Memory Ready
    reti

```

*****inisialisasi*****

inisialisasi:

```

;=====
;*****inisialisasi stack pointer*****
;=====
    ldi r16,high(ramend)
    out sph,r16
    ldi r16,low(ramend)
    out spl,r16

```

*****inisialisasi port*****

```

;=====
;port c sebagai output dan port D
;sebagai input kecuali d6,d7

```

```

    ldi    r16,0xff
    out    ddrc,r16
    ldi    r16,0x00
    out    portc,r16
    ldi    r16,0b00111000
    out    portd,r16
    ldi    r16,0b11000000
    out    ddrd,r16

```

```

;port b0-b4 sebagai status
;pekerjaan yg sedang dilakukan

```

```

    ldi    r25,$ff
    out    ddrb,r25
    ldi    r25,0
    out    portb,r2

```

*****ADC*****

;inisialisasi adc

```

    ldi r16,0b11100000
    out  ADMUX,r16
    ldi  r16,0b10000100
    out  ADCSRA,r16

```

;reset:

```

    clr    r16

```

; DEKLARASI

*****penggunaan tiap pin*****

```

=====
.equ batas_tutup           = pind4
.equ batas_buka           = pind5
.equ push_button         = pind3
.equ opto_3              = pind2
.equ opto_2              = pind1
.equ opto_1              = pind0
.equ opto_1_port         = portd0
.equ opto_2_port         = portd1
.equ opto_3_port         = portd2
.equ push_button_port    = portd3

.equ motor_tutup_kran     = portd7
.equ motor_buka_kran     = portd6
.equ pompa               = portc7
.equ katup_1             = portc5
.equ motor_penggiling    = portc4
.equ heater_1           = portc3
.equ heater_2           = portc2
.equ LED_air_kurang     = portc1
.equ LED_proses_selesai = portc0

.equ LED_proses_cek_awal = portb0
.equ LED_proses_menakar_air = portb1
.equ LED_proses_rebus_kedelai = portb2
.equ LED_proses_rebus_air = portb3
.equ LED_proses_penggilingan = portb4

.def temp1               = r20
.def temp2               = r21
.def temp3               = r22

.def status_terakhir    = r23

.equ timer_value1       = 0xD5D0

=====
;***** Status Terakhir Alat di EEPROM *****
=====
.equ akhir_proses_penakaran_air           =1
.equ akhir_proses_penakaran_mengalirkan_air =2
.equ akhir_proses_rebus_kedelai          =3
.equ akhir_proses_alirkan_air_rebus_kedelai =4
.equ akhir_proses_rebus_penakaran_air    =5
.equ akhir_heater1_mati                   =6
.equ akhir_tutup_katup1                   =7
.equ akhir_proses_penggilingan            =8
.equ akhir_proses_cek_kran                 =9
.equ akhir_mengeluarkan_bubur             =10
rjmp utama

*****subrutin*****

;*****"aktivasi"*****
aktivasi:
sbic    pind,3
rjmp   aktivasi          ;cek status akhir alat

rcall   eeprom_internal_baca

```

```

cpi    status_terakhir,akhir_mengeluarkan_bubur
breq   memulai_proses_dari_awal_j
cpi    status_terakhir,akhir_proses_cek_kran
breq   lanjutkan_penakaran_air
cpi    status_terakhir,akhir_proses_penakaran_air
breq   lanjutkan_penakaran_mengalirkan_air
cpi    status_terakhir,akhir_proses_penakaran_mengalirkan_air
breq   lanjutkan_rebus_kedelai
cpi    status_terakhir,akhir_proses_rebus_kedelai
breq   lanjutkan_alirkan_air
cpi    status_terakhir,akhir_proses_alirkan_air_rebus_kedelai
breq   lanjutkan_rebus_air
cpi    status_terakhir,akhir_proses_rebus_penakaran_air
breq   lanjutkan_rebus_air_heater1
cpi    status_terakhir,akhir_heater1_mati
breq   lanjutkan_penggilingan
cpi    status_terakhir,akhir_proses_penggilingan
breq   lanjutkan_mengeluarkan_bubur
memulai_proses_dari_awal_j:
rjmp   memulai_proses_dari_awal

```

```

lanjutkan_penakaran_air:
rjmp   penakaran_air
lanjutkan_penakaran_mengalirkan_air:
rjmp   penakaran_mengalirkan_air
lanjutkan_rebus_kedelai:
rjmp   rebus_kedelai
lanjutkan_alirkan_air:
rjmp   alirkan_air
lanjutkan_rebus_air:
rjmp   rebus_air
lanjutkan_rebus_air_heater1:
rjmp   rebus_air_heater1
lanjutkan_penggilingan:
rjmp   penggilingan
lanjutkan_mengeluarkan_bubur:
rjmp   mengeluarkan_bubur_kedelai

```

```

aktivasi2:
    sbic    pind,3
    rjmp   aktivasi
    ret

```

```

;""""""""cek_tinggi_air_bak1""""""""
cek_tinggi_air_bak1:
    rcall  nyalakan_LED_proses_cek_awal
    rcall  nyalakan_LED_air_kurang
    sbis   pind,opto_1    ;cek keadaan bak 1
    rjmp   cek_tinggi_air_bak1
    rcall  matikan_LED_air_kurang
    ret

```

```

cek_kran:
    sbis   pind,batas_tutup
    rjmp   cek_kran_selesai
    rcall  tutup_kran_bak_3

cek_kran_selesai:
;simpan status cek kran selesai
ldi     status_terakhir,akhir_proses_cek_kran

```

```

        rcall    eeprom_internal_tulis
        ret

;""""""""""penakaran_air""""""""""
penakaran_air:
    rcall    matikan_LED_proses_cek_awal
    rcall    nyalakan_LED_proses_menakar_air
    sbi     portc,pompa    ;aktifkan pompa
    belum_penuh:
    sbis    pind,opto_2    ;cek sensor air bak 2
    rjmp    belum_penuh
    cbi     portc,pompa    ;matikan pompa

;simpan status penakaran air selesai
ldi status_terakhir,akhir_proses_penakaran_air
rcall    eeprom_internal_tulis

penakaran_mengalirkan_air:
rcall    nyalakan_LED_proses_menakar_air
sbi     portc,katup_1    ;buka katup bak 2
penakar_air_cek_tinggi_bak_3:
sbic    pind,opto_3
rjmp    penakar_air_cek_tinggi_bak_3
penakar_air_cek_tinggi_bak_3_lagi:
sbis    pind,opto_3
rjmp    penakar_air_cek_tinggi_bak_3_lagi
cbi     portc,katup_1

;simpan status penakaran mengalirkan air selesai
Ldi     status_terakhir,akhir_proses_penakaran_mengalirkan_air
rcall    eeprom_internal_tulis
rjmp    kembali_dari_penakaran_air
;""""""""""rebus_kedelai""""""""""
rebus_kedelai:
rcall    matikan_LED_proses_menakar_air
rcall    nyalakan_LED_proses_rebus_kedelai
sbi     portc,heater_2    ;heater bak 3 diaktifkan
rcall    adc1
rcall    delay_rebus
cbi     portc,heater_2    ;heater bak 3 dimatikan

;simpan status rebus kedelai selesai
ldi     status_terakhir,akhir_proses_rebus_kedelai
rcall    eeprom_internal_tulis

alirkan_air:
rcall    nyalakan_LED_proses_rebus_kedelai
rcall    buka_kran_bak_3
rcall    cek_air_bak3
rcall    tutup_kran_bak_3

;simpan status alirkan_air rebus kedelai selesai
ldi     status_terakhir,akhir_proses_alirkan_air_rebus_kedelai
rcall    eeprom_internal_tulis
rjmp    kembali_dari_rebus_kedelai

;""""""""""rebus_air""""""""""
rebus_air:
rcall    matikan_LED_proses_rebus_kedelai
rcall    nyalakan_LED_proses_rebus_air

```

```

sbi    portc,pompa          ;aktifkan pompa
ukur_air:
sbis   pind,opto_2         ;cek sensor air penakar
rjmp   ukur_air
cbi    portc,pompa        ;matikan pompa

;simpan status rebus air penakaran selesai
ldi    status_terakhir,akhir_proses_rebus_penakaran_air
rcall  eeprom_internal_tulis

rebus_air_heater1:

rcall  nyalakan_LED_proses_rebus_air
sbi    portc,heater_1      ;heater bak 2 aktif
rcall  adc1
cbi    portc,heater_1     ;heater bak 2 mati

;simpan status rebus air heater 1 selesai
ldi    status_terakhir,akhir_heater1_mati
rcall  eeprom_internal_tulis
rjmp   kembali_dari_rebus_air

rebus_air_tutup_katup1:
rcall  nyalakan_LED_proses_rebus_air
sbi    portc,katup_1      ;buka katup bak 2

rebus_air_cek_tinggi_bak_3:
sbic   pind,opto_3
rjmp   rebus_air_cek_tinggi_bak_3

rebus_air_cek_tinggi_bak_3_lagi:
sbis   pind,opto_3
rjmp   rebus_air_cek_tinggi_bak_3_lagi
cbi    portc,katup_1

;simpan status rebus_air tutup katub1 selesai
Ldi    status_terakhir,akhir_tutup_katup1
rcall  eeprom_internal_tulis

;""""""""""penggilingan""""""""""
penggilingan:
rcall  matikan_LED_proses_rebus_air
rcall  nyalakan_LED_proses_penggilingan
sbi    portc,motor_penggiling ;motor aktif
rcall  delay_giling
cbi    portc,motor_penggiling ;motor mati

;simpan status penggilingan selesai
ldi    status_terakhir,akhir_proses_penggilingan
rcall  eeprom_internal_tulis
rjmp   kembali_dari_penggilingan

mengeluarkan_bubur_kedelai:
rcall  matikan_LED_proses_penggilingan
rcall  nyalakan_LED_proses_selesai
rcall  aktivasi2
rcall  buka_kran_bak_3
rcall  aktivasi2
rcall  tutup_kran_bak_3
rcall  matikan_LED_proses_selesai

```

```

;simpan status
ldi    status_terakhir,akhir_mengeluarkan_bubur
rcall  eeprom_internal_tulis
rcall  matikan_LED_proses_selesai
rjmp   kembali_dari_mengeluarkan_bubur

```

```

;""""""""""adc0""""""""""

```

```

adc0:
    sbi    ADCSRA,ADSC

    ulangi:
        sbis    adcsra,adif
        rjmp   ulangi

    in     r16,adcl
    in     r17,adch
    cpi    r17,102
    brsh  selesai
    rjmp  adc0

```

```

selesai:
    ldi    r24,0
    out    portb,r24
    ret

```

```

;""""""""""adc1""""""""""

```

```

adc1:
    ldi r16,0b11100010
    out ADMUX,r16
    ulangi2:
        sbi    adcsra,adsc
    ulangi3:
        sbis    adcsra,adif
        rjmp   ulangi3

    in     r16,adcl
    in     r17,adch
    cpi    r17,102
    brsh  selesai1
    rjmp  ulangi2

```

```

selesai1:
    ret

```

```

;""""""""""delay rebus""""""""""

```

```

delay_rebus:
    rcall  timer_5m
    ret

```

```

;""""""""""delay giling""""""""""

```

```

delay_giling:
    rcall  timer_5m
    ret

```

```

;""""""""""cek_air_bak3""""""""""

```

```

cek_air_bak3:
    sbic   pind,opto_3
    rjmp  cek_air_bak3

```

```

cek_air_bak_3_ulang:
sbis    pind,opto_3           ;air di bak 3 dikeluarkan
rjmp    cek_air_bak_3_ulang
ret

;*****buka kran*****
buka_kran_bak_3:
sbi     portd,motor_buka_kran
buka_terus:
sbic    pind,batas_buka
rjmp    buka_terus
cbi     portd,motor_buka_kran
ret

;*****tutup kran*****
tutup_kran_bak_3:
sbi     portd,motor_tutup_kran
tutup_terus:
sbic    pind,batas_tutup
rjmp    tutup_terus
cbi     portd,motor_tutup_kran
ret

; *** Nyalakan dan Matikan Led Indikator ***
nyalakan_LED_air_kurang:
sbi portc,LED_air_kurang
ret

matikan_LED_air_kurang:
cbi portc,LED_air_kurang
ret

nyalakan_LED_proses_selesai:
sbi portc,LED_proses_selesai
ret

matikan_LED_proses_selesai:
cbi portc,LED_proses_selesai
ret

nyalakan_LED_proses_cek_awal:
sbi portb,LED_proses_cek_awal
ret

matikan_LED_proses_cek_awal:
cbi portb,LED_proses_cek_awal
ret

nyalakan_LED_proses_menakar_air:
sbi portb,LED_proses_menakar_air
ret

matikan_LED_proses_menakar_air:
cbi portb,LED_proses_menakar_air
ret

nyalakan_LED_proses_rebus_kedelai:
sbi portb,LED_proses_rebus_kedelai
ret

```



```
matikan_LED_proses_rebus_kedelai:
    cbi portb,LED_proses_rebus_kedelai
    ret
```

```
nyalakan_LED_proses_rebus_air:
    sbi portb,LED_proses_rebus_air
    ret
```

```
matikan_LED_proses_rebus_air:
    cbi portb,LED_proses_rebus_air
    ret
```

```
nyalakan_LED_proses_penggilingan:
    sbi portb,LED_proses_penggilingan
    ret
```

```
matikan_LED_proses_penggilingan:
    cbi portb,LED_proses_penggilingan
    ret
```

```
***** delay *****
```

```
***** timer 1 detik *****
```

```
timer1d:
```

```
ldi    r30,0b00000100           ;aktifkan enable interupt
out    TIMSK,r30
ldi    r30,high(timer_value1)  ;masukkan nilai timer
out    TCNT1H,r30
ldi    r30,low(timer_value1)
out    TCNT1L,r30
ldi    r30,0b00000101           ;masukkan prescaler untuk timer 1024
out    TCCR1B,r30
```

```
ponpon2:
```

```
in     r31,TIFR
sbrs  r31,TOV1                  ;tunggu sampai timer1 overflow flag set.
rjmp  ponpon2
ldi    r30,0b00000100 ;timer 1 overflag dinolkan
out    TIFR,r30                ;dengan memberikan logika 1
ret
```

```
***** timer 1 menit *****
```

```
timer_1m:
```

```
ldi    r19,60
timer_1m_ulang:
    rcall timer1d
    dec   r19
    brne timer_1m_ulang
ret
```

```
***** timer 5 menit *****
```

```
timer_5m:
```

```
ldi    r24,5
time_5m_ulang:
    rcall timer_1m
    dec   r24
    brne time_5m_ulang
ret
```

```
;***** EEPROM Internal *****
```

```
EEPROM_internal_tulis:
```

```
    EEWL_wait_tulis:  
        sbic EECR,EEWE  
        rjmp EEWL_wait_tulis  
    ldi r18,0  
    out EEARH,r18  
    out EEARL,r18  
    out EEDR,status_terakhir  
    sbi EECR,EEMWE  
    sbi EECR,EEWE  
    ret
```

```
EEPROM_internal_baca:
```

```
    EEWL_wait_baca:  
        sbic EECR,EEWE  
        rjmp EEWL_wait_baca  
    ldi r18,0  
    out EEARH,r18  
    out EEARL,r18  
    sbi EECR,EERE  
    in status_terakhir,EEDR  
    ret
```

LAMPIRAN 5

DATASHEET KOMPONEN

PQ 79

Tvignwsr Girxkvehi Xiq tivexyvi Wirsw

KirivepHiwgvt xsr

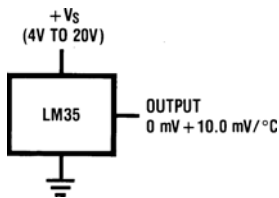
Xli PQ 79 wivivewi tvignwsr mxikvexihlgngyxdq tivexyvi wirsw0 { lswi sytyxzspeki w priev} tvstsvarepxs xli Gipyw ,Girxkvehi- xiq tivexyvi 2Xli PQ 79 xlyw lew er ehzereki sziv priev xiq tivexyvi wirsw gepfvexh nr ñ Oipzr0 ew xli ywiv w rsx viuyvih xs wyfxegxe p vki gsrwerxzspeki jsq nw sytyxs sfemr gsrzirmrxGirxkvehi wgeprk2 Xli PQ 79 hsiw rsx viuyvi er} i|xivrep gepfvexsr svxw q mtk xs tvszini x}tgepeggyvegñwsj , 14fñ exvssq xiq tivexyvi erh , 34fñ szive jypã99 xs /594fñ xiq tivexyvi verki2 Ps{ gswxw ewwyvih f} xw q mtk erh gepfvexsr exxli { ejivpi zip2Xli PQ 79 w ps{ sytyxw tihl ergi0 priev sytyx0 erh tvigni mrlivirx gepfvexsr q eoi mxivjegm k xs viehsyxsvgsrxspgngyvw} iwtignep iew}2Mk ger fi yvih { mñ mtkpi ts{ iv wyttmiv0 sv { mñ tpyw erh q nyw wyttmiv2Ew mtkve{ w srj} :4 ¥E jsq nw wyttj0mñlew ziv} ps{ wipjliexmk0piw xler 425fñ m w xppem2Xli PQ 79 w vexih xs stivexi szive ã99ñxs /594fñ xiq tivexyvi verki0 { lñi xli PQ 79G w vexih jsve ã84ñxs /554fñ verki ,ã54ñ { mñ mñ tvszih eggyveg}-2Xli PQ 79 wivivewi w ezepefpi tegol

ekih m liviqixy XS 18: xerwmsv tegoekiw0 { lñi xli PQ 79G0 PQ 79GE0 erh PQ 79H evi epws ezepefpi m xli tpewxy XS 1=6 xerwmsv tegoeki2Xli PQ 79H w epws ezepefpi m er < lñeh wvvejgi q syrkwq epwsy mri tegoeki erh e tpewxy XS 1664 tegoeki2

Jiexyviw

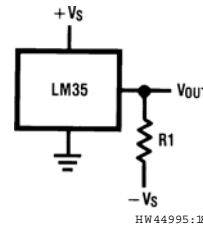
r Gepfvexih hwiqj} m ñ Gipyw ,Girxkvehi- r Priev/ 542 q Z fñ wgepi jagsv r 429fñ eggyveg} kyeverxieefpi ,ex/69fñ - r Vexih jsv jypã99ñxs /594fñ verki r Wymefpi jsvviq sxi ettngexsrw r Ps{ gswxhyi xs { ejivpi zipxw q mtk r Stivexiw jsq 8 xs 74 zspw r Piw xler :4 ¥E gywirxhvem r Ps{ wipjliexmk042ñ<fñ m w xppem r Rsrprievñ} srj} , 14fñ x}tgep r Ps{ mñ tihergi sytyx0425 [jsv5 q E pseh

X}tngpeEttngexsrw



HW44995:17

JMKYVI 52Femg Girxkvehi Xiq tivexyvi Wirsw ,/6fñ xs /594fñ -



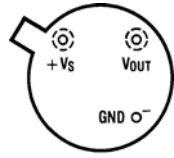
HW44995:18

G lsswi V_S A ãZ_w394 ¥E
Z_{SYXA}/5044 q Z ex/594fñ
A /694 q Z ex/69fñ
A ã994 q Z exã99fñ

JMKYVI 62JypñVerki Girxkvehi Xiq tivexyvi Wirsw

Gsrrigxer Hnekveq w

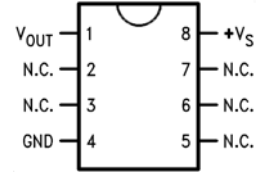
XS 18:
Q ixepGer Tegoeki.



BOTTOM VIEW
HW44995:15

.Gewi w gsrrigdh x rikexzi tm ,KRH -
SvhivRyq fivPQ 79L0PQ 79E L0PQ 79GL0PQ 79GEL sv
PQ 79HL
Wii RW Tegoeki Ryq fivL47L

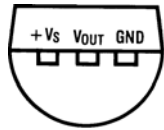
WS 1<
Wq epSyxi Q spnih Tegoeki



HW44995:165

RZ2A Rs Gsrrigxer
Xst Zni {
SvhivRyq fivPQ 79HQ
Wii RW Tegoeki Ryq fivQ 4<E

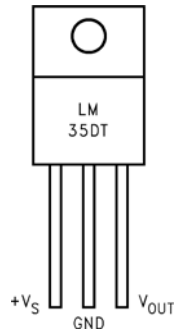
XS 1=6
Trewxg Tegoeki



BOTTOM VIEW
HW44995:16

SvhivRyq fivPQ 79G^0
PQ 79GE^ svPQ 79H^
Wii RW Tegoeki Ryq fiv^47E

XS 1664
Trewxg Tegoeki.



HW44995:168

.Xef w gsrrigdh x di rikexzi tm ,KRH-2
Rsd> Xli PQ 79HX tmsyxw hnjivirxler di hngsrxryih PQ 79HT2
SvhivRyq fivPQ 79HX
Wii RW Tegoeki Ryq fivXE47J

E f w s p y x i Q e | n q y q V e x r k w , R s x i 5 4 -

Mj Q m e v } E i v s w t e g i w t i g m j i h h i z n g i w e v i v i u y m v i h 0
t p i e w i g s r x e g x x l i R e x s r e p W i q n g s r h y g x s v W e p i w S j j g i 3
H r w x f y x s w j s v e z e n e f n q } e r h w t i g m j i g e x s r w 2

W y t t j Z s p e k i / 7 9 Z x s ä 4 2 Z
S y x t y x Z s p e k i / : Z x s ä 5 2 4 Z
S y x t y x G y w i r x 5 4 q E
W x s v e k i X i q t 2
X S 1 8 : T e g o e k i 0 ä : 4 f G x s / 5 < 4 f G
X S 1 = 6 T e g o e k i 0 ä : 4 f G x s / 5 9 4 f G
W S 1 k T e g o e k i 0 ä : 9 f G x s / 5 9 4 f G
X S 1 6 6 4 T e g o e k i 0 ä : 9 f G x s / 5 9 4 f G
P i e h X i q t 2
X S 1 8 : T e g o e k i 0
W s p h i v n r k 0 5 4 w i g s r h w - 7 4 4 f G

X S 1 = 6 e r h X S 1 6 6 4 T e g o e k i 0
W s p h i v n r k 0 5 4 w i g s r h w - 6 : 4 f G
W S T e g o e k i , R s x i 5 6 -
Z e t s v T l e w i , : 4 w i g s r h w - 6 5 9 f G
M r j e v i h , 5 9 w i g s r h w - 6 6 4 f G
I W H W y w g i t x f n q } , R s x i 5 5 - 6 9 4 4 Z
W t i g m j i h S t i v e x r k X i q t i v e x y v i V e r k i > X M I N x s X M A X
, R s x i 6 -
P Q 7 9 0 P Q 7 9 E ä 9 9 f G x s / 5 9 4 f G
P Q 7 9 G 0 P Q 7 9 G E ä 8 4 f G x s / 5 5 4 f G
P Q 7 9 H 4 f G x s / 5 4 4 f G

I p i g x n g e p G l e v e g x i v n x n g w

, R s x i w 5 0 : -

Tevegixiv	Gsrhmnsrw	PQ 79E			PQ 79GE			Yrnw , Q e | 2 -
		X}tngep	Kiwxih Pnq nk , R s x i 8 -	Hiwnkr Pnq nk , R s x i 9 -	X}tngep	Kiwxih Pnq nk , R s x i 8 -	Hiwnkr Pnq nk , R s x i 9 -	
Eggyveg} , R s x i ; -	X A A / 6 9 f G	, 4 2 6	, 4 2 9		, 4 2 6	, 4 2 9		f G
	X A A ä 5 4 f G	, 4 2 7			, 4 2 7		, 5 2 4	f G
	X A A X M A X	, 4 2 8	, 5 2 4		, 4 2 8	, 5 2 4		f G
	X A A X M I N	, 4 2 8	, 5 2 4		, 4 2 8		, 5 2 9	f G
Rsrprievnq} , R s x i < -	X M I N ~ X A ~ X M A X	, 4 2 5 <		, 4 2 7 9	, 4 2 5 9		, 4 2 7	f G
WirwsvKern , E z i v e k i W j s t i -	X M I N ~ X A ~ X M A X	/ 5 4 2 4	/ = 2 - 0 / 5 4 2 5		/ 5 4 2 4		/ = 2 - 0 / 5 4 2 5	q Z 3 f G
Pseh Vikyexsr , R s x i 7 - 4 ~ M ~ 5 q E	X A A / 6 9 f G	, 4 2 8	, 5 2 4		, 4 2 8	, 5 2 4		q Z 3 q E
	X M I N ~ X A ~ X M A X	, 4 2 9		, 7 2 4	, 4 2 9		, 7 2 4	q Z 3 q E
Pnri Vikyexsr , R s x i 7 -	X A A / 6 9 f G	, 4 2 4 5	, 4 2 4 9		, 4 2 4 5	, 4 2 4 9		q Z 3
	8 Z ~ Z S ~ 7 4 Z	, 4 2 4 6		, 4 2 5	, 4 2 4 6		, 4 2 5	q Z 3
UymwgirxGywirx , R s x i = -	Z S A / 9 Z 0 / 6 9 f G	9 :	: ;		9 :	: ;		¥ E
	Z S A / 9 Z	5 4 9		5 7 5	= 5		5 5 8	¥ E
	Z S A / 7 4 Z 0 / 6 9 f G	9 : 2	: <		9 : 2	: <		¥ E
	Z S A / 7 4 Z	5 4 9 2 9		5 7 7	= 5 2 9		5 5 :	¥ E
Glerki sj UymwgirxGywirx , R s x i 7 -	8 Z ~ Z S ~ 7 4 Z 0 / 6 9 f G	4 2 6	5 2 4		4 2 6	5 2 4		¥ E
	8 Z ~ Z S ~ 7 4 Z	4 2 9		6 2 4	4 2 9		6 2 4	¥ E
Xiq tivexyvi Gsijjgmxsj UymwgirxGywirx		/ 4 2 7 =		/ 4 2 9	/ 4 2 7 =		/ 4 2 9	¥ E 3 f G
Q n n q y q X i q t i v e x y v i j s v V e x i h E g g y v e g }	M r g m g y n x s j Figure 1 0 M A 4	/ 5 2 9		/ 6 2 4	/ 5 2 9		/ 6 2 4	f G
Prsk Xivq W x e f n q }	X J A X M A X 0 j s v 5 4 4 4 l s y w	, 4 2 4 <			, 4 2 4 <			f G

I pigxngepG levegxi vwxngw

,R sxi w 50 :-

Teveq ixiv	Gsrhmssrw	PQ 79			PQ 79G 0PQ 79H			Yrtow ,Q e | 2-
		X}tngep	Xiwxh Pny nx ,R sxi 8-	Hiwnkr Pny nx ,R sxi 9-	X}tngep	Xiwxh Pny nx ,R sxi 8-	Hiwnkr Pny nx ,R sxi 9-	
Eggyveg}0 PQ 790PQ 79G ,R sxi ; -	X _A A/69fG	, 42	, 52		, 42	, 52		fG
	X _A Aã54fG	, 42			, 42		, 52	fG
	X _A AX _{MAX}	, 42	, 52		, 42		, 52	fG
	X _A AX _{MIN}	, 42		, 52	, 42		, 62	fG
Eggyveg}0PQ 79H ,R sxi ; -	X _A A/69fG				, 42	, 52		fG
	X _A AX _{MAX}				, 42		, 62	fG
	X _A AX _{MIN}				, 42		, 62	fG
Rsrprievw} ,R sxi < -	X _{MIN} X _A X _{MAX}	, 42		, 42	, 42		, 42	fG
WirswKer ,Eziveki Wjsti-	X _{MIN} X _A X _{MAX}	/542	/=2-0 ,542		/542		/=2-0 ,542	q Z fG
Pseh Vikyexsr ,R sxi 7- 4 ~ M ~ 5 q E	X _A A/69fG	, 42	, 62		, 42	, 62		q Z 3q E
	X _{MIN} X _A X _{MAX}	, 42		, 92	, 42		, 92	q Z 3q E
Ptri Vikyexsr ,R sxi 7-	X _A A/69fG	, 42	, 42		, 42	, 42		q Z 3
	8Z ~ Z ~ 74Z	, 42		, 42	, 42		, 42	q Z 3
UynwgirxGywirx ,R sxi = -	Z _S A/9Z0/69fG	9:	<4		9:	<4		YE
	Z _S A/9Z	549		59<	=5		57<	YE
	Z _S A/74Z0/69fG	9: 2	<6		9: 2	<6		YE
	Z _S A/74Z	5492		5:5	=52		585	YE
Glerki sj UynwgirxGywirx ,R sxi 7-	8Z ~ Z ~ 74Z0/69fG	42	62		42	62		YE
	8Z ~ Z ~ 74Z	42		72	42		72	YE
Xiq tivexyvi Gsijjgrxsj UynwgirxGywirx		/42=		/42;	/42=		/42;	YE fG
Q nny yq Xiq tivexyvi jsvVexih Eggyveg}	M gmgynksj Figure 10M A4	/52		/62	/52		/62	fG
Psrk Xiv Wxfimw}	X _J AX _{MAX} 0jsv 5444 lsyw	, 42<			, 42<			fG

R sxi 5> Yrpiw sxiw (wi rsxh0xiwi wtigngexsrw ettp> a99fG X_N/594fG jsv xli PQ 79 erh PQ 79E? a84fG X_N/554fG jsv xli PQ 79G erh PQ 79GE? erh 4f X_N/544fG jsv xli PQ 79H2ZwA/9Zhg erh M_{ES}EH A94 WE0n xli gmgynksj Figure 22Xliwi wtigngexsrw eps ettp jseq /6fG xs X_QE_N n xli gmgynksj Figure 12 Wtigngexsrw n fshjegi ettp sziv xli jypvexih xiq tivexyvi verki2

R sxi 6> Xliwq epvuwzergi sj xli XS 18: tegoeki n 844fG 3[0nyrgxsr xs eq fmr0 erh 68fG 3[nyrgxsr xs gewi2Xliwq epvuwzergi sj xli XS 1=6 tegoeki n 5<4fG 3[nyrgxsr xs eq fmr2Xliwq epvuwzergi sj xli wq epsyxari q sphih tegoeki n 664fG 3[nyrgxsr xs eq fmr2Xliwq epvuwzergi sj xli XS 1664 tegoeki n =4fG 3[nyrgxsr xs eq fmr2Jsvvehmsrep xliwq epvuwzergi n jsv exsr wii xepi n xli Etpngexsrw wigxsr2

R sxi 7> Vikyexsr n q iewydh exgrwexnyrgxsr xiq tivexyvi0ywrk tyvi xiwxrk {nd e ps{ hyx} g)gd2Glerkiw n sytyxhyi xs liexrk ijigw ger fi gsq tyxih f} q ypatjnrk xli nrxivrehmwte xsr f} xli xliwq epvuwzergi2

R sxi 8> Xiwxh Pny nwi evi kyeverxih erh 544) xiwxh n tshygsr2

R sxi 9> Hiwnkr Pny nwi evi kyeverxih ,fyxrsx544) tshygsr xiwxh- sziv xli mhngexih xiq tivexyvi erh wyttj zspeki verkiw2Xliwi nny nwi evi rsxywih xs geggyxi syksrk uyemj pizip2

R sxi :> Wtigngexsrw n fshjegi ettp sziv xli jypvexih xiq tivexyvi verki2

R sxi ;> Eggyveg} n hijrih ew xli iwsfix iir xli sytyxzspeki erh 54q z fG nny iw xli hizgi-w gewi xiq tivexyvi0exwtigngih gsrhmssrw sjzspeki0gywirx0 erh xiq tivexyvi ,i|tviwih n fG-2

R sxi <> Rsrprievw} n hijrih ew xli hizmaxsr sj xli sytyxzspeki lziwywixiq tivexyvi gyvzi jseq xli fiwixwexrk lxpri0sziv xli hizgi-w vexih xiq tivexyvi verki2

R sxi => Uynwgirxgywirxw hijrih n xli gmgynksj Figure 12

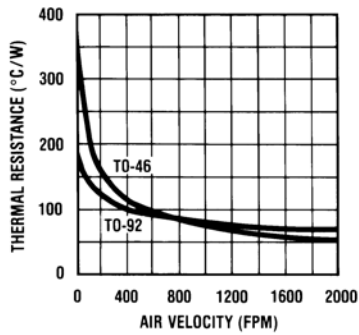
R sxi 54> EFwspyd Q e|ny yq Vexrkwrhngexi nny nwi fi}srh {lgl heq eki xs xli hizgi q e} sggy2HG erh EG ipigxngepwtigngexsrw hs rxsxettpj {lir stivexrk xli hizgi fi}srh nwi vexih stivexrk gsrhmssrw2Wii R sxi 52

R sxi 55> Lyq er fsh} q ship544 tJ hmglekxih xlvykl e 52 o| vawwss2

R sxi 56> Wii ER1894 Wvyeji Q syzrk Q idshw erh Xliw I jigxsr Tshygs Vipefimw}- sv xli wigxsr xqih Wvyeji Q syrk jsyrh n e gywirx Rexsrep Wiq ngrhygsxvPrievHexe Fso jsv xliwq idshw sjwshnyrk wvyeji q syrxhizgiw2

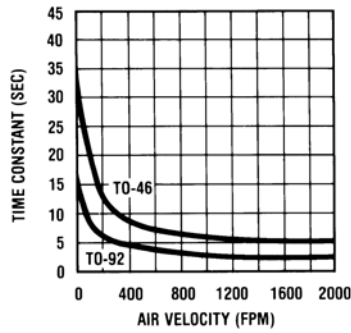
X}mgpTivjsq ergi Glevegxiwxiw

Xlivq epViwxiwxiw
Nyrqxiw xs Emv



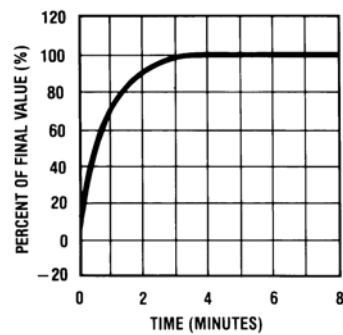
HW44995:169

Xlivq epXni i Gsrwxiw



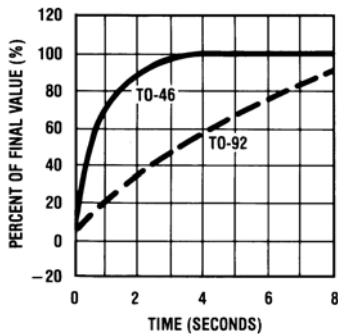
HW44995:16

Xlivq epViwtsrwi
nr Wxiwxiw



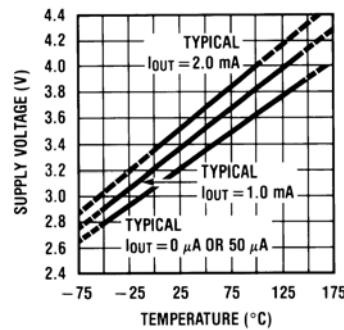
HW44995:16

Xlivq epViwtsrwi nr
Wxiwxiw SrpFxiw



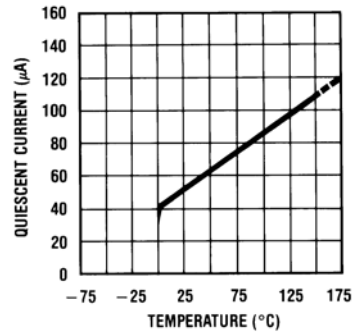
HW44995:16<

Qnrq yq Wyttp
Zspeki zw2Xiq tivexyvi



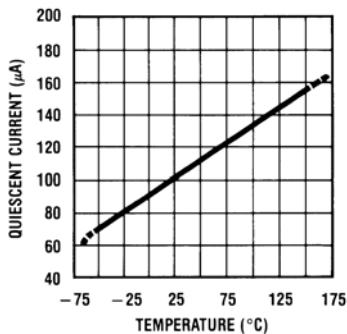
HW44995:16=

UymwgirxGywirx
zw2Xiq tivexyvi
nr Gmgynxsj Figure 12-



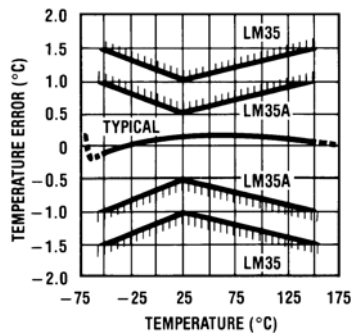
HW44995:174

UymwgirxGywirx
zw2Xiq tivexyvi
nr Gmgynxsj Figure 22-



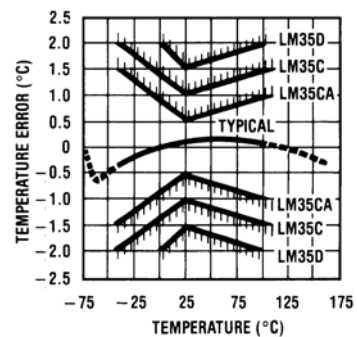
HW44995:175

Eggyveg} zw2Xiq tivexyvi
nr Kyeverxiw-



HW44995:176

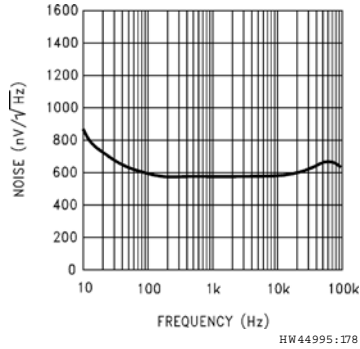
Eggyveg} zw2Xiq tivexyvi
nr Kyeverxiw-



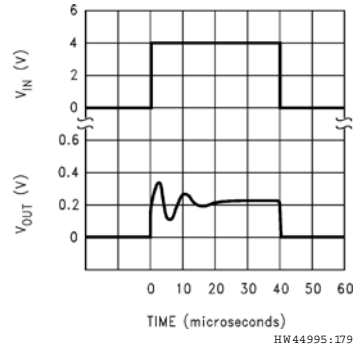
HW44995:177

X}tmgpTivjsvq ergi Glevegxi vwxqgw ,Gsrxyih-

Rsnwi Zspeki



WxevTYt Viwtsrwi



Ettppgexsrw

Xli PQ 79 ger fi ettppih iewpp) nr xli weq i {e} ew sxliv mrxikvexihlgmgynx xiq tixevyvi wirwsw2 Mx ger fi kpyih sv giq irxih xs e wvvyegi erh mw xiq tixevyvi {pp fi {m} m efsyx4245fG sjxli wvvyegi xiq tixevyvi2

Xlnw tvivwyq iw xlexdi eq frirxerwxiq tixevyvi nw epw swxdi weq i ewxli wvvyegi xiq tixevyvi ?njxli emwxiq tixevyvi {ivi qygl lnlkliv sv ps {iv xler xli wvvyegi xiq tixevyvi0 xli egypexiq tixevyvi sjxli PQ 79 hni {syph fi exer mrxivq i1 hmxli xiq tixevyvi fix} iir xli wvvyegi xiq tixevyvi erh xli emwxiq tixevyvi2Xlnw nw i|tigrepp} xyi jsvxli XS 1=6 tpewax tegoeiki0 {livi xli gsttivpiehw evi xli tvnrgutepxdivq ep texl xs gew} liexmrxs xli hizngi0ws mw xiq tixevyvi q nklx fi gswivvxs xli emwxiq tixevyvi xler xs xli wvvyegi xiq tivel xyvi2

Xs qmraq mai xlnw twsfpiq 0 fi wyvi xlexxli {mrrk xs xli PQ 790ew mpxieziw xli hizngi0w liph exxli weq i xiq tivel xyvi ew xli wvvyegi sjmrxiviw2Xli iewniwx {e} xs hs xlnw xs gszivyt xliwi {mziw {m} e fieh sjits|} {lrgl {pp mwyvi xlexxli piehw erh {m} iwevi epexxli weq i xiq tivel xyvi ew xli wvvyegi0erh xlexxli PQ 79 hni w xiq tixevyvi {pp rsxfi ejjigxih f} xli emwxiq tixevyvi2

Xli XS 18: q ixeptegoeki ger epws fi wshnivih xs e q ixep wvvyegi svtni {m} dlsyxheq eki2S jgsywi0m xlexgewi xli Zā xivq mrep sj xli gmgynx {pp fi kvsyrih xs xlex q ixep2 Epā vrexziq}0xli PQ 79 ger fi q syrxih mrxih e wiephihh q ixepxyfi0erh ger xliir fi hnttih mrxs e fexl svwgv {ih mrxs e xlviehih lsp m e xero2Ew {m} er} M3 0xli PQ 79 erh eggsg ter} mrrk {mrrk erh gmgynx q ywxfi oitxmwvpxih erh hv}0xs ezshn pieoeeki erh gsvswsr2Xlnw nw iwtigrepp} xyi nj xli gmgynx q e} stivexi exgspn xiq tixevyvi {livi gsrhirl wexsr ger sggy2T vnrxihlgmgynxgsexmrxw erh zevrnliw wygl ew Lyq wleperh its|} temrxw sv hntw evi sjkir ywih xs mwyvi xlexq smxyvi gerrsxgswshi xli PQ 79 svnw gsrriq1 xsrw2

Xliwi hizngiw evi wsqixq iw wshnivih xs e wq epw pklxli {inlxlxiexjw0xs higvieni xli xliw epwx i gsrwexr erh wtiih yt xli viwtsrwi nr wps {p} lq sznrk em2 Sr xli sxliv lerh0 e wq epw xliwq epqeww qe} fi ehhih xs xli wirwsv0xs krzi xli wxielniwxv ehnrk hiwtxd wq epphi zrexsrw nr xli emwxiq tixevyvi2

Xiq tixevyvi Vnwi sj PQ 79 Hyi Xs Wipjllie mrrk ,Xliwq epViwmxergiuJA-

	XS 18:0	XS 18:0	XS 1=60	XS 1=6..0	WS 1k	WS 1k..	XS 1664
	rs liex	wq eppliexjw	rs liex	wq eppliexjw	rs liex	wq eppliexjw	rs liex
	wmro		wmro		wmro		wmro
Wxppew	844fB 3[	544fB 3[	5<4fB 3[	584fB 3[	664fB 3[	554fB 3[	=4fB 3[
Q sznrk ew	544fB 3[	84fB 3[	=4fB 3[	;4fB 3[	549fB 3[	=4fB 3[	6: fB 3[
Wxpsnp	544fB 3[	84fB 3[	=4fB 3[	;4fB 3[
Wxwih sp	94fB 3[	74fB 3[	89fB 3[	84fB 3[

Gmgq tih xs q ixep

Mj mni liexwmro-

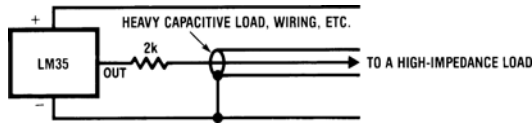
,68fB 3[-

,99fB 3[-

. [eoi jn x} ti 6450sv5&hmg sj42464&wliixfvew0wshnivih xs gewi0svwq ppv2

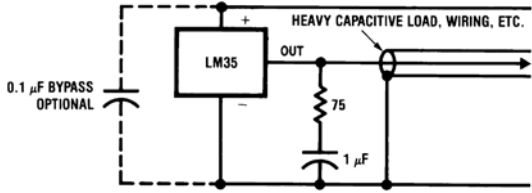
.XS 1=6 erh WS 1k tegoeikiw kpyih erh piehw wshnivih xs 5&wvyeved sj53: &tvnrxih gmgynxfsevh {m} 6 s-2 jspvswq ppv2

X}tmgepEttppgnsrw



HW44995:15=

JMKYVI 72PQ 79 { nxl Higsytpark jsq Getegmzi Pseh



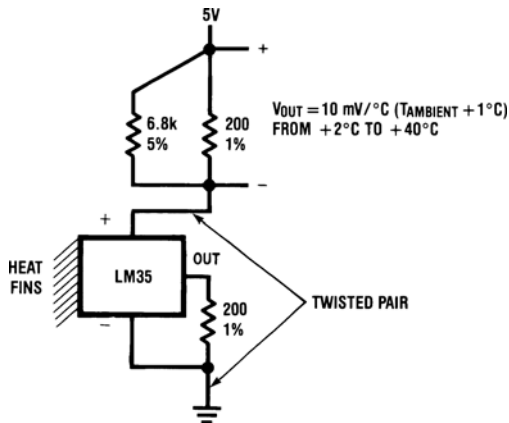
HW44995:164

JMKYVI 82PQ 79 { nxl VIG Heq tiv

GETEGMKZI PSEHW

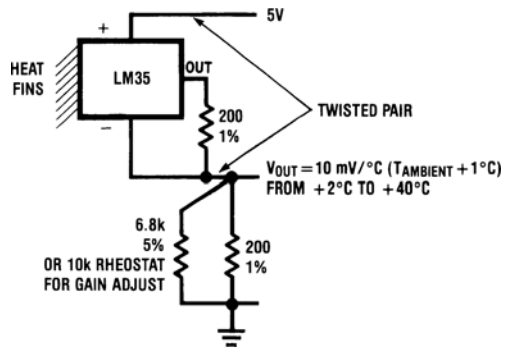
Prni q swxq rjvsts { ivgnvgnw0xli PQ 79 lewe nxl ndh ef nxl }
 xs hvzli liez} getegmzi pseh2Xli PQ 79 f} nxl vlgw efpi xs
 hvzli 94 tj { nxl syxwtigvgeyxsrw2Mj liezdv pseh evi
 erxvgnvgnw0xli ew } xs nxl svhigsytpi xli pseh { nxl e
 viwvsv wii Figure 32Sv } sy ger nxl tsvzi xli xpvvrgi sj
 getegmzi { nxl e wivw VIG heq tiv jsq sytyx xs
 kvsvrh wii Figure 42

[lir xli PQ 79 nxl ettph { nxl e 644 [pseh viwvsv ew
 wls { r nxl Figure 50 Figure 6 sv Figure 8 nxl vlgw xli }
 xs { nxl getegmzi figeywi xli getegmzi jsq we f } 1
 teww jsq kvsvrh xs nxl rxsxsr xli sytyx 2Ls { izi vew
 { nxl er } nxl vgnvgnw0xli rrigix xs { nxl nxl e lswv irzn
 vrg irx0 nxl tivsvq ergi ger fi ejjvgnvgnw0xli ehziwip } f }
 nxl xirwi ipvgnvgnw0xli ekrixv wsvygiw wyl ew vlgw } w0 vghs
 xerw q nxl w0q svxw { nxl evgnvgnw0xli w0GVG xerwvixw0ixg0ew
 nxl { nxl ger egxew e vgnvgnw0xli erxirre erh nxl nxl vrep
 ryrvgnvgnw0xli ger egxew vgnvgnw0xli w2J svfiwvixw0ixg0ew
 wyl gewi w0 e f } teww getegmzi jsq Z_{IN} xs kvsvrh erh e
 wivw VIG heq tiv wyl ew ; 9 [nxl wivw { nxl 4x sv5 ¥J jsq
 sytyx xs kvsvrh evi sjv r wiyw 2Xli w evi wls { r nxl
 Figure 130 Figure 140 erh Figure 162



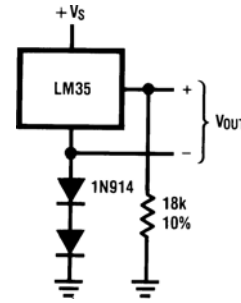
HW44995:19

JMKYVI 92X { s1 [mvi Vlg sxi Xiq tivexvvi Wirwsv
 ,Kvsvrh Wirwsv



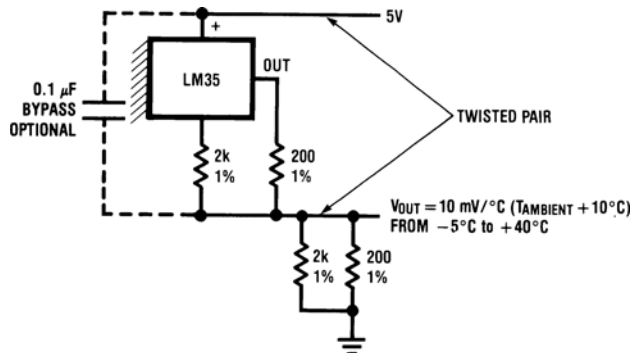
HW44995:1:

JMKYVI :2X { s1 [mvi Vlg sxi Xiq tivexvvi Wirwsv
 ,Svtyxvijiwh xs Kvsvrh-



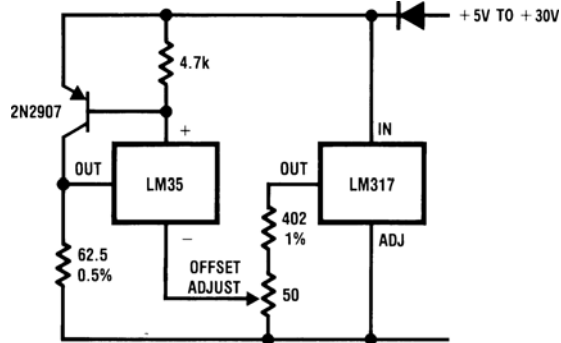
HW44995:1:

JMKYVI ;2Xiq tivexvvi Wirwsv 0Wmkpi Wytv) 0ä99ñxs
 /594fG



HW44995:1:

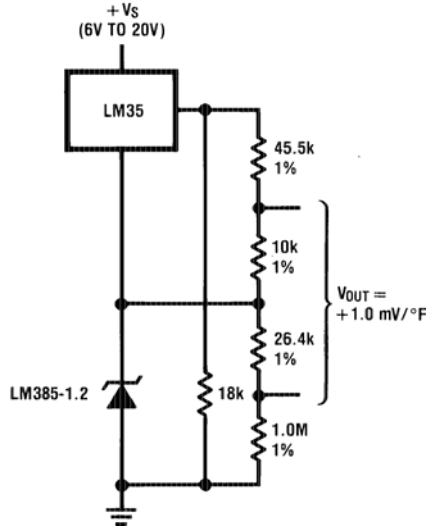
JMKYVI <2X { s1 [mvi Vlg sxi Xiq tivexvvi Wirwsv
 ,Svtyxvijiwh xs Kvsvrh-



HW44995:1:

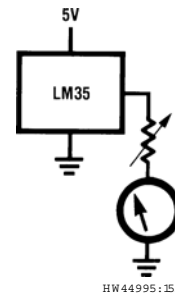
JMKYVI =28Xs164 q E Gywixwsvygi ,4fG xs /544fG -

X } t m e p E t t p o e x s r w , G s r x r y i h -



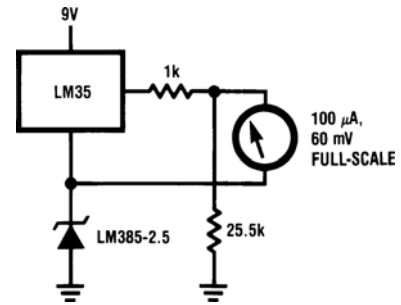
HW44995:154

JMK YVI 542 Jelvir lim x li v q s q i x i v



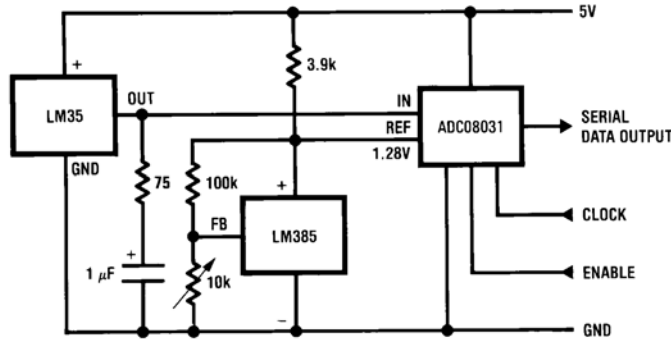
HW44995:155

JMK YVI 552 Gir x k v e h i X l i v q s q i x i v , E r e p s k Q i x i v -



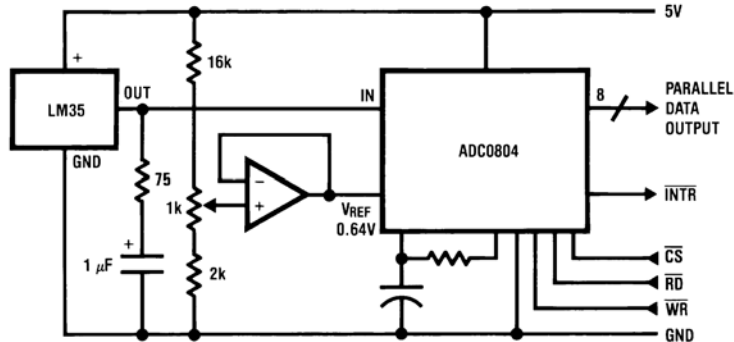
HW44995:156

JMK YVI 562 Jelvir lim x li v q s q i x i v I | t e r h i h W g e p i
X l i v q s q i x i v
, 9 4 ñ x s < 4 ñ J e l v i r l i m x J s v I | e q t p i W l s { r -



HW44995:157

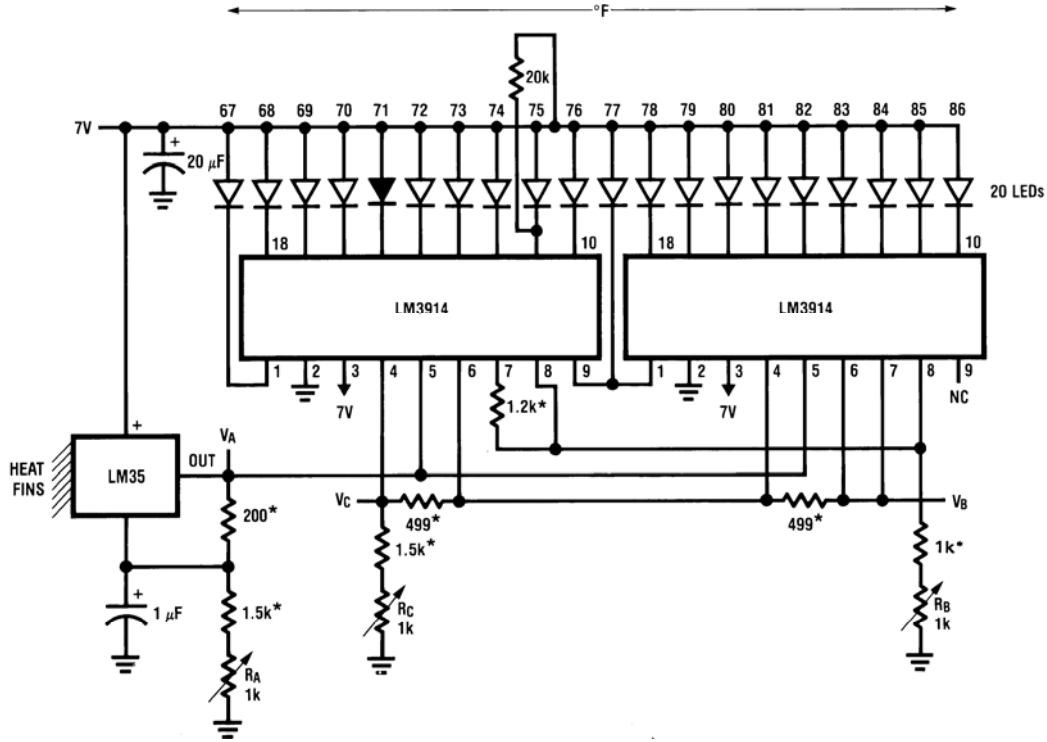
JMK YVI 572 X i q t i v e x y v i X s H ñ k ñ e p G s r z i v i v , W i v ñ e p S y x t y x - , / 5 6 < ñ G J y p W g e p i -



HW44995:158

JMK YVI 582 X i q t i v e x y v i X s H ñ k ñ e p G s r z i v i v , T e v e p i p X V M W X E X I ' S y x t y x j s v
W e r h e v h H e x e F y w x s Y T M x i v j e g i - , 5 6 < ñ G J y p W g e p i -

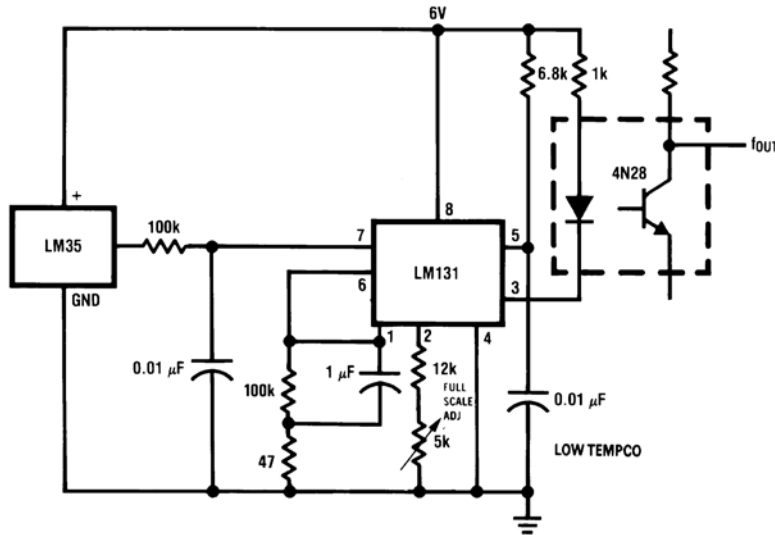
X}tmgepE ttpgexsrw ,Gsrxyih-



HW44995:15:

.A5) sv6) jny viwvzv
 Xvq V_F jsvZ_FA7A;9Z
 Xvq V_G jsvZ_GA5A-99Z
 Xvq V_B jsvZ_BA4A;9Z / 544q Z fG | Xeq fdrx
 I |eq tpi0Z_BA6A;9Z ex66fB

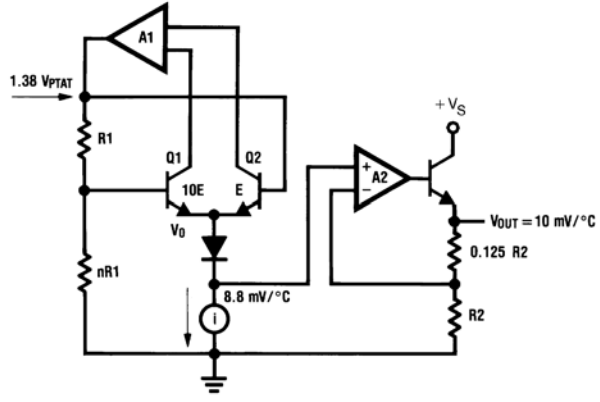
JMKYVI 592FevlKvetl Xiq tivexyvi Hmwtpe } ,HsxQ shi-



HW44995:159

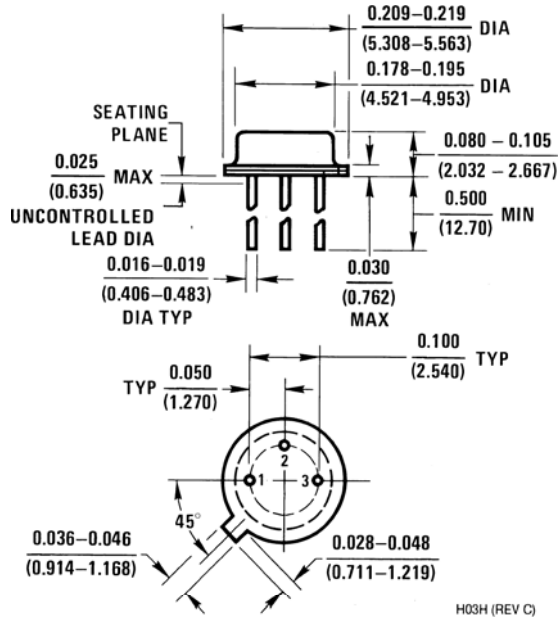
JMKYVI 5:2PQ 79 [mł ZspekiIXs1Jviuyirg } GsrziwivErh Mspexih Syxtyx
 ,6fG xs /594fG ?64 L ~ xs 5944 L ~-

Fig. 10. Precision Centigrade

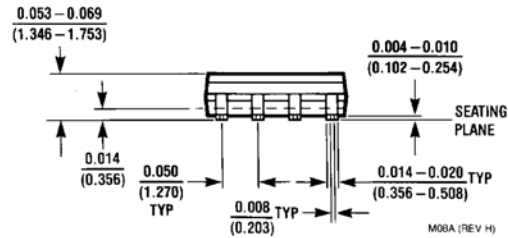
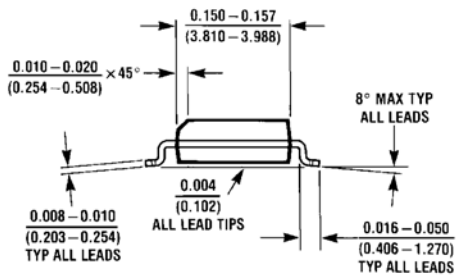
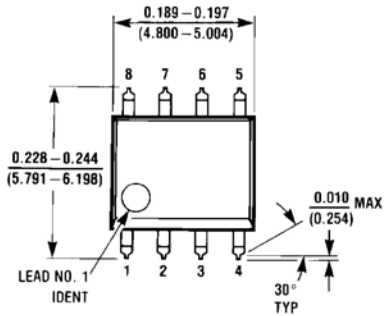


HW44995:167

Tl}wngepHm q irwmsrw mngliw , q mngliw-yrpww sxliv rwi rsxih

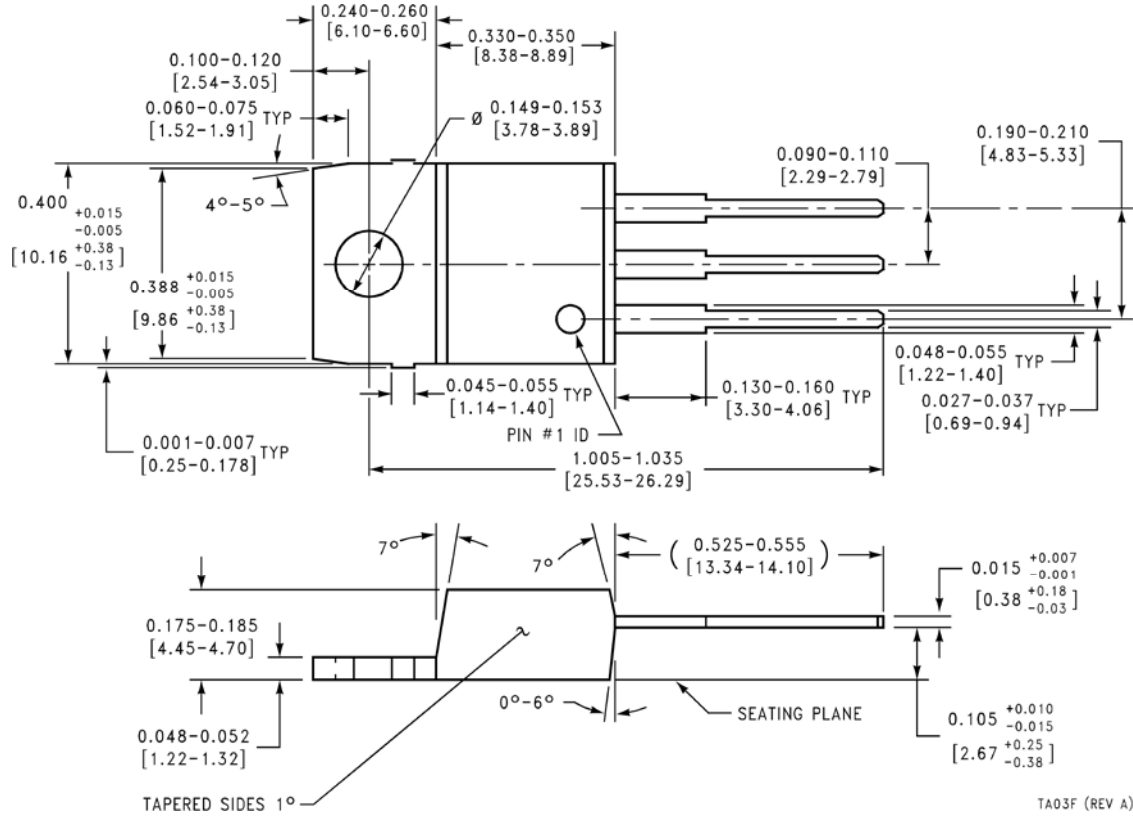


XS 18: Q ixepGer Tegoeki ,L-
S whivRyq fivPQ 79L0PQ 79EL0PQ 79GL0
PQ 79GEL0svPQ 79HL
RW Tegoeki Ryq fivL47L



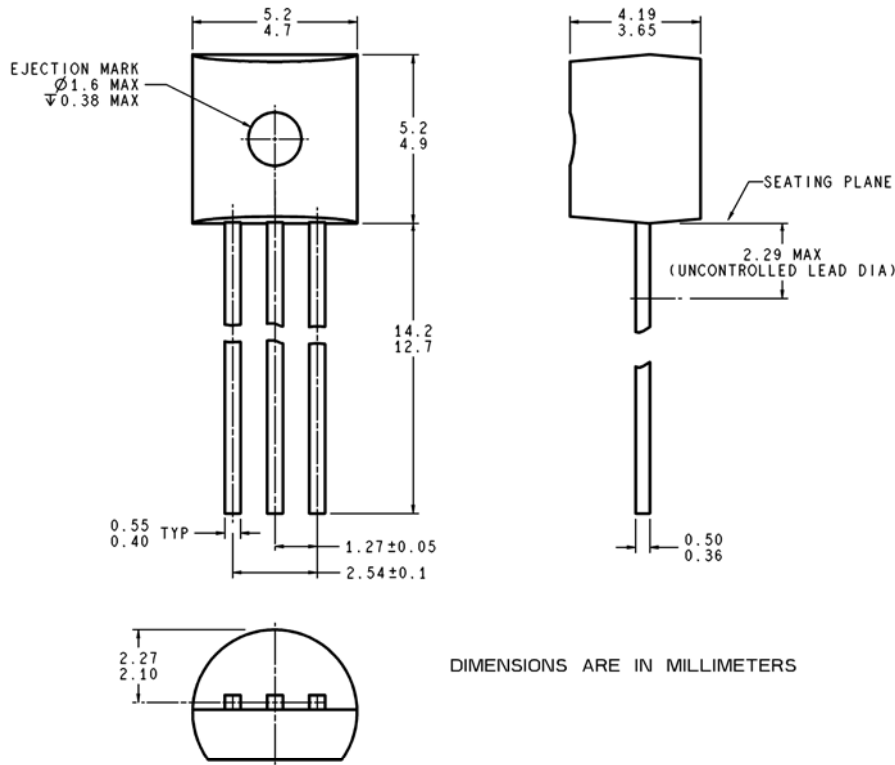
WS k Q sphih Wq epSxpri Tegoeki ,Q -
S whivRyq fivPQ 79HQ
RW Tegoeki Ryq fivQ 4<E

Tl } wngpHnq irwmsrw mgliw ,q nngq ixiw-yrpiww sxliv(rwi rsxih ,Gsrxyih-



Ts { ivTegoeki XS 1664 ,X-
S vhiwRyq fivPQ 79HX
RW Tegoeki Ryq fivXE47J

Tl } wng epHnq irw nS rW mglw , q mpy ixiw- yrpiw sxiw\ mwi rSxih , Gsrxyih-



DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS

203A (Rev G)

XS l=6 T p w x g T e g o e k i , ^ -
 S v h i v R y q f i v P Q 7 9 G ^ 0 P Q 7 9 G E ^ s v P Q 7 9 H ^
 R W T e g o e k i R y q f i v ^ 4 7 E

PMI WYTTSVX TSPMG]

REXMSREP W TVSHYGXW EVI RSX EYXLSVM^IH JSV YWI EW GVMKGE P GSQTSRIRXW NR PMI WYTTSVX
 HIZMGIW SV W]WXIQW [MLSYX XLI I\TVIWW [VMXIR ETTVSZEP SJ XLI TVIWMHIRX ERH KIRIVEP
 GSYRWIP SJ REXMSREP WIQMSRHYGXSV GSVTSVEXMSR2Ew ywih livir>

52 Pmji wyttsw hizngiw sv w)wxiq w evi hizngiw sv
 w)wxiq w { lmg10 , e- evi mxirhieh jsvwykng epm t p e r x
 mxs xli fsh} 0 sv , f- wyttsw sv wywem mji 0 erh
 { lswi j e n v i x s t i v s q { l i r t w t i v } y w i h n r
 eggshergi { m d m r w x y g x s r w j s v y w i t s z h i h n r x l i
 p e f i p r k 0 g e r f i v i e w s r e f } i | t i g x i h x s v i w y p x n r e
 w k r m j g e r x m r y v } x s x l i y w i v 2

62 E g w a g e p g s q t s r i r x n e r } g s q t s r i r x s j e m j i
 wyttsw hizngi sv w)wxiq { lswi j e n v i x s t i v s q
 ger fi viewsref} i | t i g x i h x s g e y w i x l i j e n v i s j
 x l i m j i w y t t s w h i z n g i s v w) w x i q 0 s v x e j j i g x m w
 w e j i x } s v i j j i g x z i r i w 2

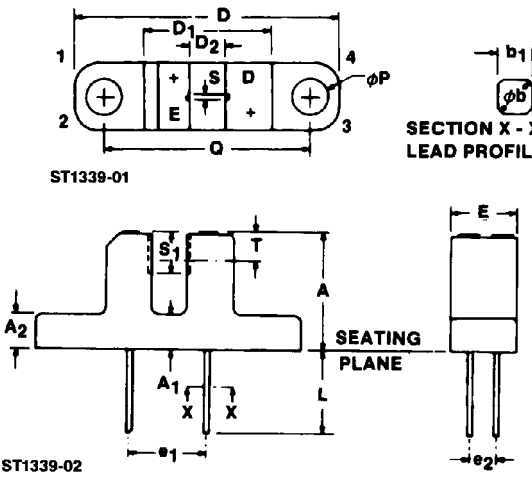
REXMSREP WIQMSRHYGXSV
 GSVTSVEXMSR
 E q i v g e w
 Xip: 514416; 61=9=
 Je|>514417; 1; 45<
 Iq ep wyttsw d r w g 2 s q
 {{{ 2 e x s r e p 2 s q

REXMSREP WIQMSRHYGXSV
 I y v t i
 Je|>/8= 4-5<41974 <9 <:
 Iq ep iyvsti 2 wyttsw d r w g 2 s q
 Hiywgl Xip /8= , 4- := 94< : 64<
 I r k p w l Xip /88 , 4- < ; 4 6 8 4 6 5 ; 5
 J v e r d e w Xip /77 , 4- 5 8 5 = 5 < ; = 4

REXMSREP WIQMSRHYGXSV
 E w n e T e g n g G y w o s q i v
 V i w t s r w i K v s y t
 Xip: 9169888::
 Je|>: 9169488::
 Iq ep e t 2 wyttsw d r w g 2 s q

REXMSREP WIQMSRHYGXSV
 N e t e r P h 2
 Xip <51719:7=1; 9:4
 Je|><51719:7=1; 94;

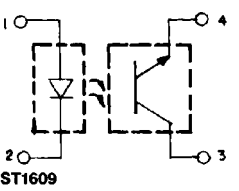
PACKAGE DIMENSIONS



SYMBOL	MILLIMETERS		INCHES		NOTES
	MIN.	MAX.	MIN.	MAX.	
A	10.7	11.0	.422	.433	
A ₁	3.0	3.2	.119	.125	
A ₂	3.0	3.2	.119	.125	
⌀b	.600	.750	.024	.030	2
b ₁	.50 NOM.		.020 NOM.		2
D	24.3	24.7	.957	.972	
D ₁	11.6	12.0	.457	.472	
D ₂	3.0	3.3	.119	.129	
e ₁	6.9	7.5	.272	.295	
e ₂	2.3	2.8	.091	.110	
E	6.15	6.35	.243	.249	
L	8.00		.315		
⌀p	3.2	3.4	.126	.133	
Q	18.9	19.2	.745	.755	
S	.85	1.0	.034	.039	
S ₁	3.45	3.75	.136	.147	
T	2.6 NOM.		.103 NOM.		3

- NOTES:
1. INCH DIMENSIONS ARE DERIVED FROM MILLIMETERS.
 2. FOUR LEADS. LEAD CROSS SECTION IS CONTROLLED BETWEEN 1.27mm (.050") FROM SEATING PLANE AND THE END OF THE LEADS.
 3. THE SENSING AREA IS DEFINED BY THE "S" DIMENSION AND BY DIMENSION "T" ± 0.75mm (± .030 INCH).

PACKAGE OUTLINE



DESCRIPTION

The H21A Slotted Optical Switch is a gallium arsenide light emitting diode coupled to a silicon phototransistor in a plastic housing. The packaging system is designed to optimize the mechanical resolution, coupling efficiency, ambient light rejection, cost and reliability. The gap in the housing provides a means of interrupting the signal with an opaque material, switching the output from an "ON" to an "OFF" state.

FEATURES

- Opaque housing
- Low cost
- .035" apertures
- High I_{C(ON)}



SLOTTED OPTICAL SWITCH

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless Otherwise Specified)	
Storage Temperature	-55°C to $+100^\circ\text{C}$
Operating Temperature	-55°C to $+100^\circ\text{C}$
Soldering:	
Lead Temperature (Iron)	240°C for 5 sec. ^(3,4,5)
Lead Temperature (Flow)	260°C for 10 sec. ^(3,4)
INPUT DIODE	
Continuous Forward Current	60 mA
Reverse Voltage	6.0 Volts
Power Dissipation	100 mW ⁽¹⁾
OUTPUT TRANSISTOR	
Collector-Emitter Voltage	30 Volts
Emitter-Collector Voltage	6 Volts
Power Dissipation	150 mW ⁽²⁾

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ Unless Otherwise Specified) (All measurements made under pulse conditions.)						
PARAMETER	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS	TEST CONDITIONS
INPUT DIODE						
Forward Voltage	V_F	—	1.7	—	V	$I_F = 60\text{ mA}$
Reverse Breakdown Voltage	V_R	6.0	—	—	V	$I_R = 10\ \mu\text{A}$
Reverse Leakage Current	I_R	—	—	1.0	μA	$V_R = 3\text{ V}$
OUTPUT TRANSISTOR						
Emitter-Collector Breakdown	BV_{ECO}	6.0	—	—	V	$I_E = 100\ \mu\text{A}$, $E_e = 0$
Collector-Emitter Breakdown	BV_{CEO}	30	—	—	V	$I_C = 1\text{ mA}$, $E_e = 0$
Collector-Emitter Leakage	I_{CEO}	—	—	100	nA	$V_{CE} = 25\text{ V}$, $E_e = 0$
COUPLED						
On-State Collector Current	$I_{C(ON)}$	—	See page 3.	—	mA	
Saturation Voltage	$V_{CE(SAT)}$	—	See page 3.	—	V	
Turn-On Time	t_{on}	—	See page 3.	—	μS	
Turn-Off Time	t_{off}	—	See page 3.	—	μS	

NOTES
<ol style="list-style-type: none"> 1. Derate power dissipation linearly 1.33 mW/$^\circ\text{C}$ above 25°C. 2. Derate power dissipation linearly 2.00 mW/$^\circ\text{C}$ above 25°C. 3. RMA flux is recommended. 4. Methanol or Isopropyl alcohols are recommended as cleaning agents. 5. Soldering iron tip $\frac{1}{16}$" (1.6 mm) from housing.



SLOTTED OPTICAL SWITCH

$I_{C(ON)}$, $V_{CE(SAT)}$, t_{on}, AND t_{off}						
PARAMETER	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS	TEST CONDITIONS
ON-STATE COLLECTOR CURRENT						
H21A1	$I_{C(ON)}$	0.15	—	—	mA	$I_F = 5\text{mA}$, $V_{CE} = 5\text{V}$
H21A2	$I_{C(ON)}$	0.30	—	—	mA	$I_F = 5\text{mA}$, $V_{CE} = 5\text{V}$
H21A3	$I_{C(ON)}$	0.60	—	—	mA	$I_F = 5\text{mA}$, $V_{CE} = 5\text{V}$
H21A1	$I_{C(ON)}$	1.0	—	—	mA	$I_F = 20\text{mA}$, $V_{CE} = 5\text{V}$
H21A2	$I_{C(ON)}$	2.0	—	—	mA	$I_F = 20\text{mA}$, $V_{CE} = 5\text{V}$
H21A3	$I_{C(ON)}$	4.0	—	—	mA	$I_F = 20\text{mA}$, $V_{CE} = 5\text{V}$
H21A1	$I_{C(ON)}$	1.9	—	—	mA	$I_F = 30\text{mA}$, $V_{CE} = 5\text{V}$
H21A2	$I_{C(ON)}$	3.0	—	—	mA	$I_F = 30\text{mA}$, $V_{CE} = 5\text{V}$
H21A3	$I_{C(ON)}$	5.5	—	—	mA	$I_F = 30\text{mA}$, $V_{CE} = 5\text{V}$
SATURATION VOLTAGE						
H21A2	$V_{CE(SAT)}$	—	—	0.40	V	$I_F = 20\text{mA}$, $I_C = 1.8\text{mA}$
H21A3	$V_{CE(SAT)}$	—	—	0.40	V	$I_F = 20\text{mA}$, $I_C = 1.8\text{mA}$
H21A1	$V_{CE(SAT)}$	—	—	0.40	V	$I_F = 30\text{mA}$, $I_C = 1.8\text{mA}$
Turn-On Time	t_{on}	—	8	—	μS	$V_{CC} = 5\text{V}$, $I_F = 30\text{mA}$, $R_L = 2.5\text{K}\Omega$
Turn-Off Time	t_{off}	—	50	—	μS	$V_{CC} = 5\text{V}$, $I_F = 30\text{mA}$, $R_L = 2.5\text{K}\Omega$

TYPICAL CHARACTERISTICS

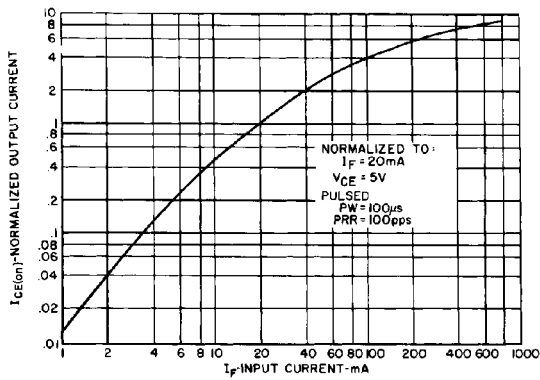


Fig. 1. Output Current vs. Input Current ST1129-11

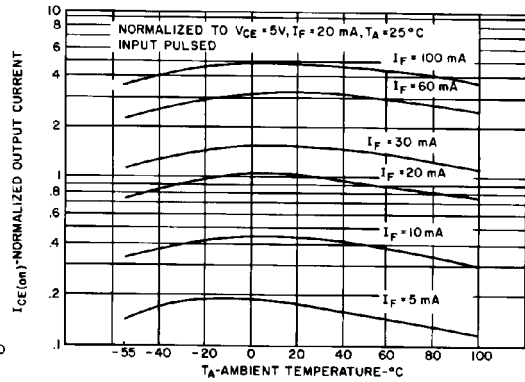


Fig. 2. Output Current vs. Temperature ST1134-11

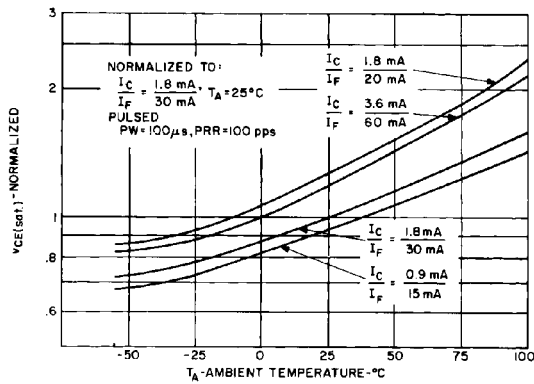


Fig. 3. $V_{CE(SAT)}$ vs. Temperature ST1130-11

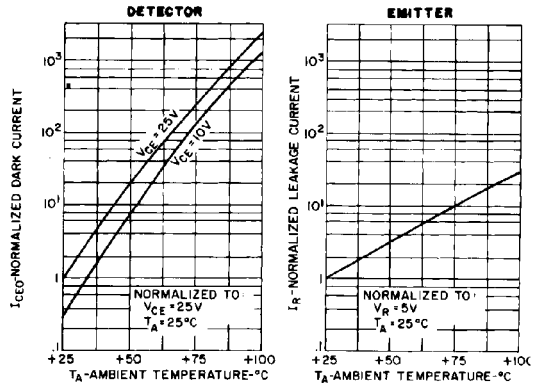


Fig. 4. Leakage Currents vs. Temperature ST1133-11

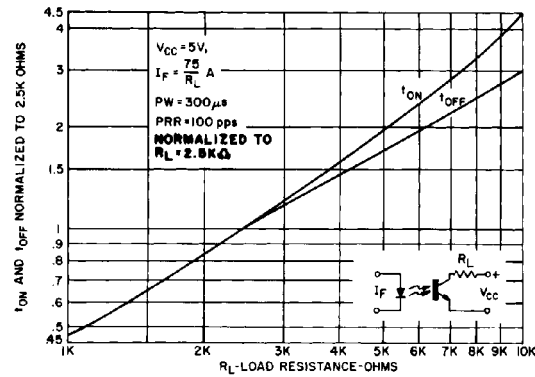


Fig. 5. Switching Speed vs. R_L ST1131-11

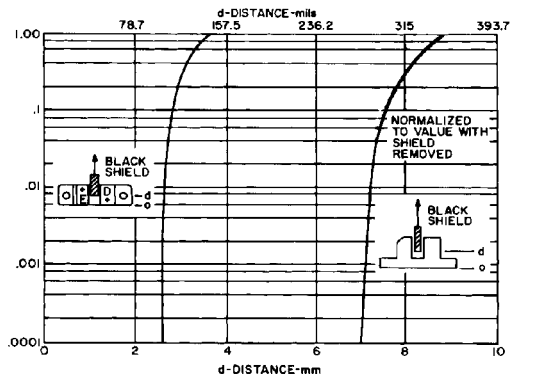
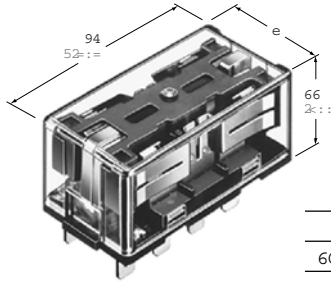


Fig. 6. Output Current vs. Distance ST1132-11



NAIS

59E \$6G -054E \$8G -G S Q TEGX\$
 TS [IV \$VIPE] W\$ [MKL \$MKL \$
 WIR WKMZMK] WT IV IPE] W



q q mgl

	e
6G	692 \$524<
8G	7:2 \$528=

JIEXYVIW

-L nkl \$mfvevxs r Wlsgo \$V iwvwzergi
 Zmfvevxs r \$i iwvwzergi \$5 < \$K Qe q t m y h i \$7 \$ q \$54 \$s \$9 \$L ~-
 Wlsgo \$i iwvwzergi \$84 \$K \$55 \$ q w-
 -Pexglmrk \$} tiw \$ezemefpi
 -L nkl \$V iwvwzergi \$r \$W q e \$W m i \$94 \$ q [\$ t m g o l y t \$744 \$ [\$
 r s q m r e p \$ t i v e x r k \$ s { i v
 - \$ i n h i \$ { m g l m r k \$ V e r k i
 J v s q \$ \$ \$ E \$ \$ \$ 9 \$ \$ 6 G - \$ e r h \$ 4 \$ \$ 8 G -

WT I G N M G E X M S R W

Gsrregxw

Ewerkiq irx	6 \$7svq \$ \$ 08 \$7svq \$		
Mmrpe \$srreg \$i iwvwzergi Q e | 2 , F } \$zspeki \$ m s t \$ \$ \$ H G \$ \$ E -	744 \$ q [
Mmrpe \$srreg \$t i w w y v i	2C: Approx. 0.392 N (40 g 1.41 oz) 4C: Approx. 0.196 N (20 g 0.71 oz)		
Gsrreg \$ q e x i v e p	W e x s r e v } \$ s r e g o K s h \$ i e w l i h \$ m r i v e p s } Q s z e f p i \$ s r r e g o \$ W m r i v e p s }		
Vexrk \$ i w w w z e r g i p e h -	R s q m r e p \$ { m g l m r k \$ g e t e g m } 6G \$ 9 \$ \$ \$ 94 \$ \$ \$ G 54 \$ \$ 74 \$ \$ H G 8G \$ 4 \$ \$ \$ 94 \$ \$ \$ G 54 \$ \$ 74 \$ \$ H G		
	Q e | 2 w { m g l m r k \$ s { i v	6G \$ 7 0 ; 94 \$ \$ E \$ 744 \$ [\$ 8G \$ 6 044 \$ \$ E \$ 744 \$ [\$	
	Q e | 2 w { m g l m r k \$ z s p e k i	6G 08G \$ 94 \$ \$ \$ G \$ 74 \$ \$ H G	
	Q e | 2 w { m g l m r k \$ y w i r x	2C: 15 A (AC) 10 A (DC), 4C: 10 A	
Expected life (min. operations)	Q i g l e r m e p \$ e x \$ < 4 \$ t q -	9 \$ 5 \$ 4 7	
	Electrical (at 20 cpm) (resistive load)	2C 15 A 250 V AC	54 ⁹
		10 A 30 V DC	54 ⁹
	4C	10 A 250 V AC	54 ⁹
10 A 30 V DC		54 ⁹	

G l e v e g x i w w w g w \$ e x \$ 9 \$ G ; ; B J \$ 94) \$ V i p e x z i \$ l y q n h m } -

Q e | 2 s t i v e x r k \$ t i i h \$ e x \$ e x i h \$ s e h -	64 \$ t q	
Mmrpe \$ r w y e x s r \$ i w w z e r g i . 5	50444 \$ Q [\$ \$ 944 \$ \$ H G	
Mmrpe	Between open contacts	50444 \$ z v q w
f v i e o h s { r \$	Fix \$ i i r \$ s r r e g o \$ w i w	70444 \$ z v q w
z s p e k i . 6	Between contact and coil	70444 \$ z v q w
S t i v e x i \$ q i . 7 e x \$ s q m r e p \$ z s p e k i -	Q e | 2 \$ 74 \$ q w \$ E t t v s | 2 \$ 9 \$ q w -	
V i p e w i \$ q i . { m d s y \$ m s h i - 7 e x \$ s q m r e p \$ z s p e k i -	Q e | 2 \$ 4 \$ q w \$ E t t v s | 2 \$ 9 \$ q w -	
X i q t i v e x y v i \$ m i \$ e x \$ s q m r e p \$ z s p e k i -	Max. 40°C with nominal coil voltage and at nominal switching capacity	
W l s g o \$ i w w z e r g i	J y r g x s r e p . 9	Q m r \$ 7 = 6 \$ q 3 \$ \$ 84 \$ K E
	H i w w y g z z i . 9	Q m r \$ = < 4 \$ q 3 \$ \$ 544 \$ K E
Z m f v e v x s r \$ i w w z e r g i	J y r g x s r e p :	5 ; : 2 \$ q 3 \$ \$ 5 < \$ K m \$ 4 \$ \$ 9 \$ L ~ \$ e x \$ s y f p i \$ e q t m y h i \$ \$ 7 \$ q q
	H i w w y g z z i	5 ; : 2 \$ q 3 \$ \$ 5 < \$ K m \$ 4 \$ \$ 9 \$ L ~ \$ e x \$ s y f p i \$ e q t m y h i \$ \$ 7 \$ q q
Conditions for operation, transport and storage ⁷ (Not freezing and condens- ing at low temperature)	E q f m i r x	\$ 94 \$ G \$ \$ \$: 4 \$ G
	x i q t 2	\$ 9 < \$ J \$ \$ \$ / 5 84 \$ J
	L y q n h m }	9 \$ \$ < 9) \$ / Z 2
Y m m \$ i n k l x	2C: 50 g 1.76 oz ; 4C: 65 g 2.29 oz	

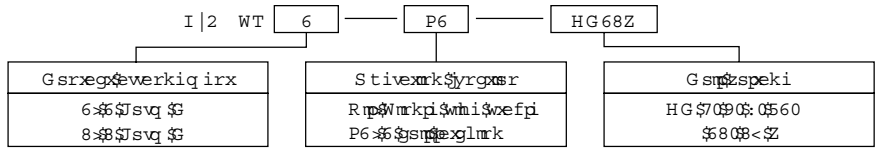
G s m p \$ t s p e v n i h - \$ e x \$ 4 \$ G : < \$ J

W m r k p i \$ m i \$ z e f p i	R s q m r e p \$ t i v e x r k \$ s { i v	744 \$ q [
P e x g l m r k	Q m r q y q \$ w i x e r h \$ i w i x \$ s { i v	594 \$ q [
	R s q m r e p \$ w i x e r h \$ i w i x \$ s { i v	744 \$ q [

V i q e v o w
 . W t i g \$ e x s r w \$ { m d s y } \$ { m d \$ s v i n k r \$ o e r h e v h w \$ i w i w g e x s r \$ e x r k w 2
 . 5 Q i e w y i q i r x \$ e q i \$ s g e x s r \$ e w \$ m m r p \$ f v i e o h s { r \$ z s p e k i \$ w i g o s r
 . 6 H i x i g x s r \$ y w i r x \$ 54 \$ E
 . 7 I | g y h r k \$ s r r e g o \$ s y r g i \$ q i
 . 8 L e g l { e z i \$ t y p i \$ \$ m r i \$ { e z i \$ 5 q w \$ h i x i g x s r \$ q i \$ 4 q w
 . 9 L e g l { e z i \$ t y p i \$ \$ m r i \$ { e z i \$: q w
 . : H i x i g x s r \$ q i \$ 4 q w
 . / V i j i \$ e \$ 9 \$ 2 \$ s r h m m r w \$ s t i v e x s r 0 \$ e r w t s w \$ e r h \$ o s e k i \$ q i r x s r i h \$ r \$
 E Q P M R X \$ I R Z M S R Q I R X \$ T e k i \$: 5 - 2

X] T M G E P \$ E T T P M G E X M S R W S V H I V M R K \$ M R J S V Q E X M S R

R G \$ e g l m r i w \$ i q s x i \$ s r x s t e r i p w \$
 w s t l m w e x i h \$ f y w r i w w \$ l u y m t q i r x 2



R s x i w - \$ 2 T G \$ f s e v h \$ i q m r e p \$ } t i w \$ e z e m e f p i \$ e w \$ t x s r 2 T p i e w i \$ s r w y p \$ w \$ s v i x e p 2
 \$ 2 \$ 7svq \$ \$ \$ e v s r \$ 4 \$ t g w 2 \$ G e w i \$ 44 \$ t g w 2
 \$ 7svq \$ \$ \$ e v s r \$ 4 \$ t g w 2 \$ G e w i \$ 44 \$ t g w 2
 \$ 2 \$ Y P \$ G W E O X < Z \$ e t t v s z i h \$ } t i w \$ o e r h e v h 2

X] TIW\$ERH\$SMP\$HEXE\$ex\$48G :<f3J-

Wnrkpi\$wmi\$zefpi

Tev\$R s2		R sq mrep zspeki0\$ Z \$HG	Tmolyt\$ zspeki0\$ Z \$HG \$q e|2-	Hvstlsyx zspeki0\$ Z \$HG \$q m2-	R sq mrep stivevirk\$ gywirx0\$ q E	G sm\$ziwv1 bergi0\$ [,154) - \$48G	Mhypergi0\$ L \$ex\$64L --	R sq mrep stivevirk\$ ts{ iv0\$ [	Q elng yq \$ egs{ efpi\$ zspeki0\$ Z \$HG \$848G -
6\$Jsvq \$	8\$Jsvq \$								
WT6IHG7Z	WT8IHG7Z	\$7	\$625	427	54424	\$74	4249	744	\$29
WT6IHG9Z	WT8IHG9Z	\$9	\$729	429	\$426	\$7	\$25	744	\$29
WT6IHG:Z	WT8IHG:Z	\$:	\$826	42:	\$9424	\$64	\$26	744	\$-
WT6IHG56Z	WT8IHG56Z	56	\$:28	526	\$6924	\$<4	\$2;	744	5<
WT6IHG68Z	WT8IHG68Z	68	5:2:	628	\$5629	50=64	\$724	744	7:
WT6IHG8<Z	WT8IHG8<Z	8<	772:	82:	\$826	;0:44	5526	744	;6

6\$sm\$ex\$glmrk

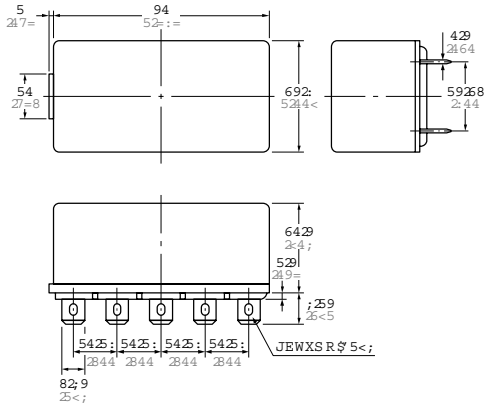
Tev\$R s2		R sq mrep zspeki0\$ Z \$HG	Set and reset voltage, V DC (max.)	R sq mrep stivevirk\$ gywirx0\$ q E	G sm\$ziwv1 bergi0\$ [\$154) -		Mhypergi0\$ L \$ex\$64L --		R sq mrep stivevirk\$ ts{ iv0\$ [	Maximum allowable voltage, V DC (40°C)
6\$Jsvq \$	8\$Jsvq \$				G sm\$M	G sm\$M	G sm\$M	G sm\$M		
WT6IP6IHG7Z	WT8IP6IHG7Z	\$7	\$625	54424	\$74	\$74	Approx. 4247	Approx. 4247	744	\$29
WT6IP6IHG9Z	WT8IP6IHG9Z	\$9	\$729	\$426	\$7	\$7	424;	424;	744	\$29
WT6IP6IHG:Z	WT8IP6IHG:Z	\$:	\$826	\$9424	\$64	\$64	426	426	744	\$-
SP2-L2-DC12V	SP4-L2-DC12V	56	\$:28	\$6924	\$<4	\$<4	428	428	744	5<
SP2-L2-DC24V	SP4-L2-DC24V	68	5:2:	\$5629	50=64	50=64	528	528	744	7:
SP2-L2-DC48V	SP4-L2-DC48V	8<	772:	\$826	;0:<4	;0:<4	92:	92:	744	;6

HMQ IRWMS RW

q q mrgl

6\$Jsvq \$

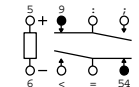
Tyknr\$ivq mrep



Kirive\$epivergi\$ 427 12456

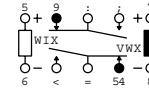
Wgliq exy\$F sxsq \$zni { -

Wnrkpi\$wmi\$zefpi



Hirivkaih\$srhxr-

6\$sm\$ex\$glmrk

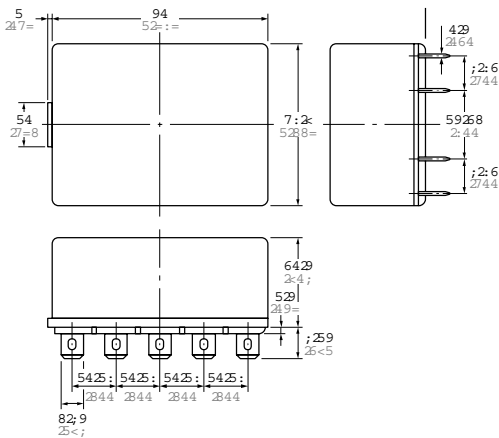


Viwix\$srhxr-

Hnekveq \$wls{ wdi\$wiwx\$ swmxr\$ lir\$ivq mrep\$ \$erh\$ \$evi\$ irivkaih\$Z irivkai\$ivq mrep\$ \$erh\$ \$s\$ \$erwji\$ \$srregw2

8\$Jsvq \$

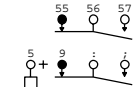
Tyknr\$ivq mrep



Kirive\$epivergi\$ 427 12456

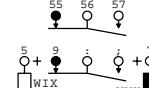
Wgliq exy\$F sxsq \$zni { -

Wnrkpi\$wmi\$zefpi



Hirivkaih\$srhxr-

6\$sm\$ex\$glmrk



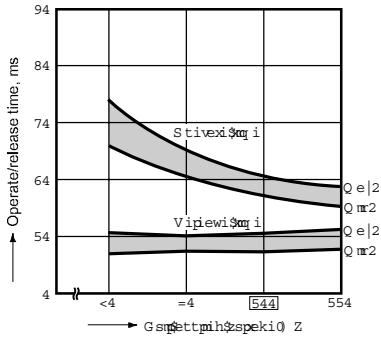
Viwix\$srhxr-

Hnekveq \$wls{ wdi\$wiwx\$ swmxr\$ lir\$ivq mrep\$ \$erh\$ \$evi\$ irivkaih\$Z irivkai\$ivq mrep\$ \$erh\$ \$s\$ \$erwji\$ \$srregw2

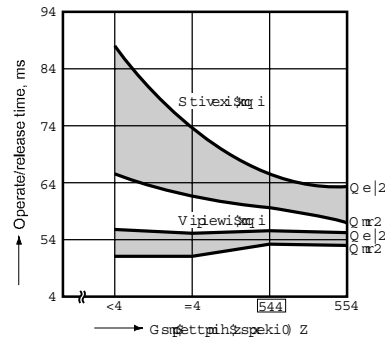
WT

VIJIVIRGI\$HEXE

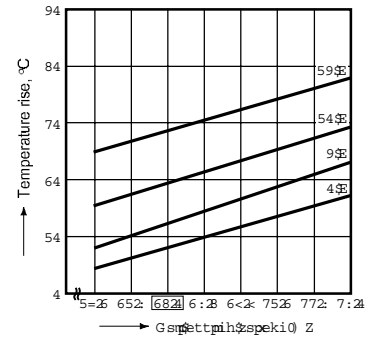
Stivexi\$erh\$ipiewi\$ur i\$Wnrkpi\$wmi\$wefi-
WT6



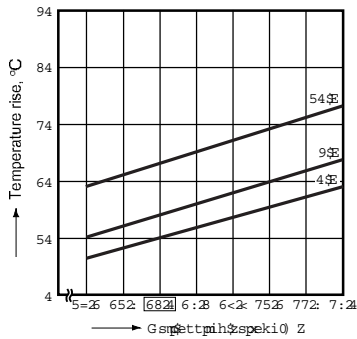
WT8



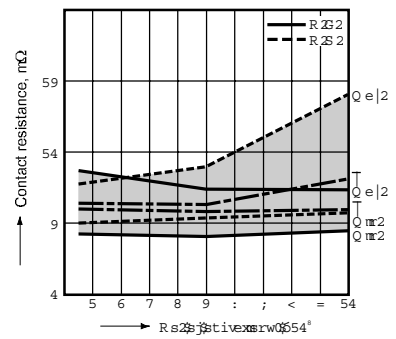
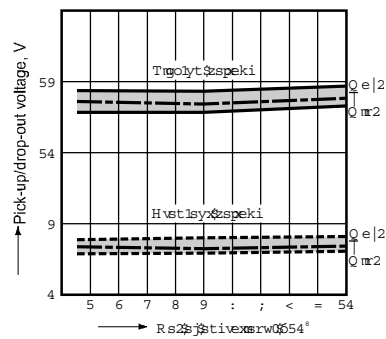
Gspiq tivexi\$ur i
Weqtpi\$WT6HG68Z
Eq fmr\$diq tivexi\$ur i\$64\$6\$68\$:<\$e\$68\$



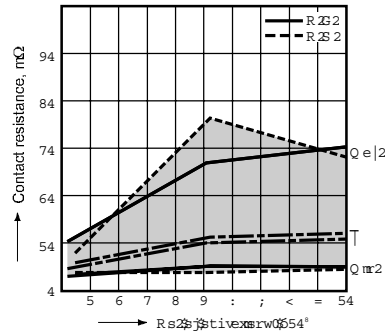
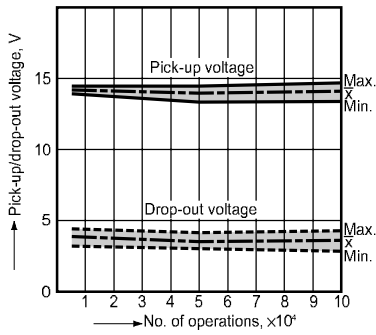
Weqtpi\$WT8HG68Z
Eq fmr\$diq tivexi\$ur i\$6; \$e\$=8\$ <5\$e\$88\$



Ipxwepi\$WT6059\$ \$94\$ \$EG\$ i\$wrxzi\$
psh-

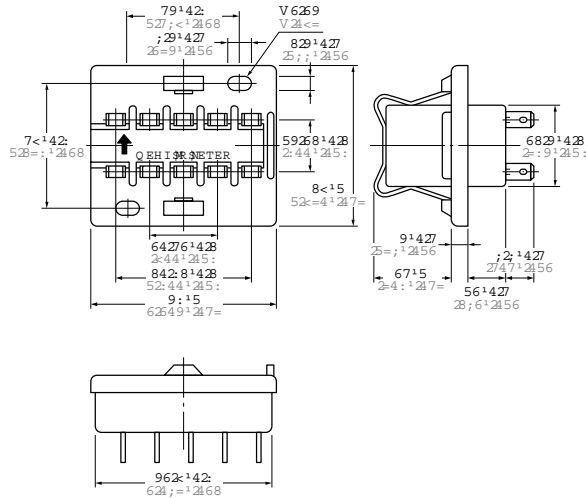


Ipxwepi\$WT8054\$ \$94\$ \$EG\$ i\$wrxzi\$
psh-

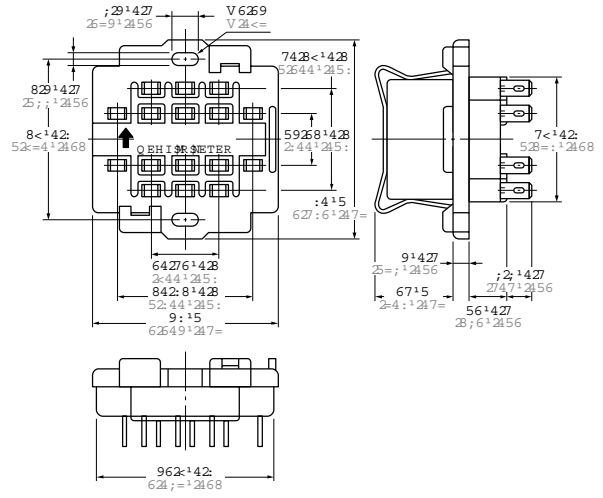


EGGIWWSVMW

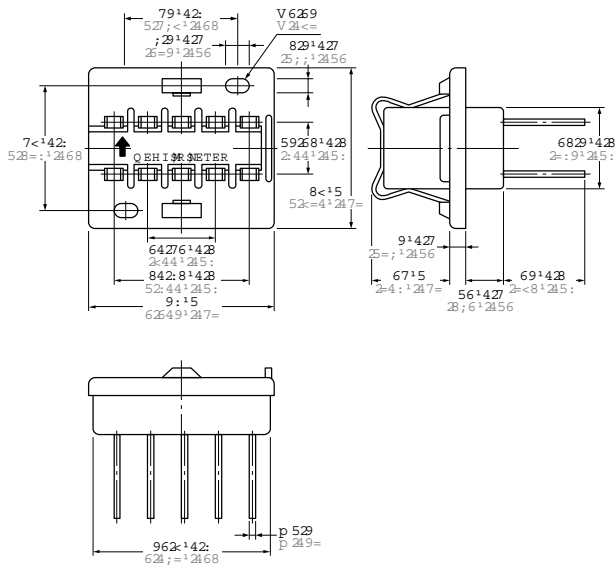
Wshivmrk\$wsgoix
WT61W



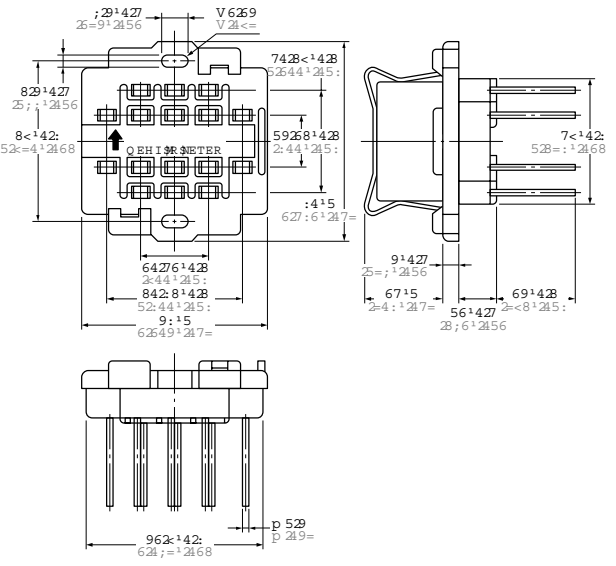
WT81W



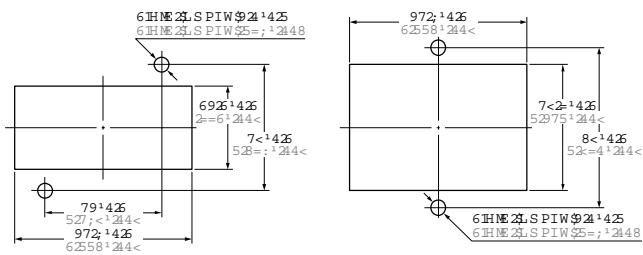
[vettmrk\$wsgoix
WT61[W



WT81[W



Q syrxmrk\$spivmrk\$mekveq



Tivsvq ergi\$w\$pi

Miq	WT60\$wsgoix\$ { ml \$wshiv	WT80\$wsgoix\$ { ml \$wshiv	WT60\$ vet1 trk\$wsgoix	WT80\$ vet1 trk\$wsgoix
[ml werh\$spd eki	EG \$7044205 \$i nr 20 f i x i i r \$ l e g l \$ i v q m r e p			
Mrwyexsr v i w w e r g i	50444\$Q [\$i nr			
Ambient working temperature	E94\$e\$ / 4f\$ E9<\$e\$ / 584f\$			
Maximum current, ON current	59\$e	54\$e	56\$e	54\$e

R sxi \$ h s \$ x \$ i q s z i \$ d i \$ i e } \$ l m \$ e w \$ R 2

R sxiw>

,5-Q syrxmrk\$wgi { werh\$di\$ewixmrk\$
fvegoix\$vi\$rgyhih\$rdi\$tegoeki2
,6-Q syrxdi\$ie } { ml \$di\$wstivq syrx
mrk\$wixmrk\$ \$eiz ml \$di\$wixmrk\$ \$di\$
RENW \$i evor\$st\$ \$di\$ie } \$ewi \$i exgl1

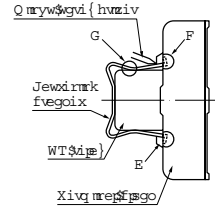
mrk\$di\$wixmrk\$ \$di\$ RENW \$i evor\$ \$di\$
xiv mref\$goz\$Xli\$? \$wixmrk\$ \$di\$
xiv mref\$goz\$ \$di\$y { evh\$wixmrk\$ \$
xli\$ie } 2

WT

Q syrxrk f erh\$iq szez\$ j\$ewixmrk f vegoix

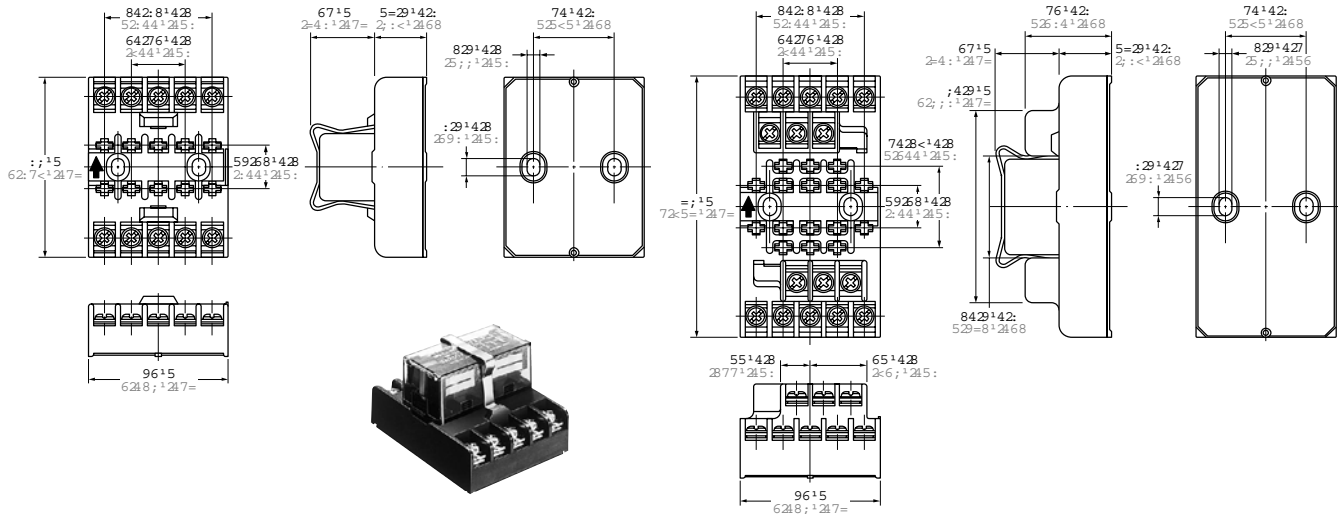
520 syrxrk
 Mwiw\$di\$e \$tev\$ j\$di\$ewixmrk f vegoix\$
 mrx\$di\$ syrxrk \$vsszi\$ \$ j\$di\$vegoix\$
 erh\$di\$ir\$ \$di\$ f \$tev\$ \$vsszi\$ [lpi\$
 tviwmrk\$ nd \$di\$at \$ j\$e\$ nryw\$gvi { hvzi
 i2
 62V iq szez
 Wpni\$di\$ f \$tev\$ j\$di\$ewixmrk f vegoix\$

j\$e\$ \$di\$ \$vsszi\$ \$ \$di\$ \$vgoix\$ [lpi\$ tviw
 mrk\$ nd \$di\$at \$ j\$e\$ nryw\$gvi { hvzi
 [lpi\$ \$di\$ f vegoix\$ \$ \$di\$ \$vsszi\$ r\$di\$
 tviwmrk\$ di\$ \$tev\$ \$ j\$di\$ f vegoix\$ \$ \$di\$
 vi\$e\$ \$vni\$ (nd\$) syv\$ rkiw\$ erh\$iq szi\$
 xli\$ j\$vni\$ erh\$iq szi\$ \$v\$ \$di\$ \$vsszi\$
 e\$ \$di\$ \$rekveq \$ \$ \$nk l2



Wgvi { \$ivq mre\$ f\$goix

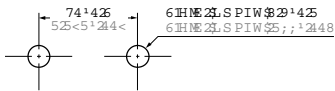
q q mgl



Q syrxrk \$ sp \$i\$wmrk \$rekveq

Jewixmrk f vegoix\$ syrxrk f erh\$
 viq szez

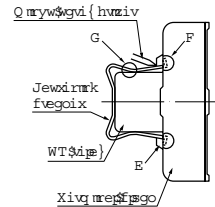
erh\$ \$di\$ \$di\$ j\$vni\$ erh\$iq szi\$ \$v\$ \$
 xli\$ \$vsszi\$ \$ \$di\$ \$rekveq \$ \$ \$nk l2



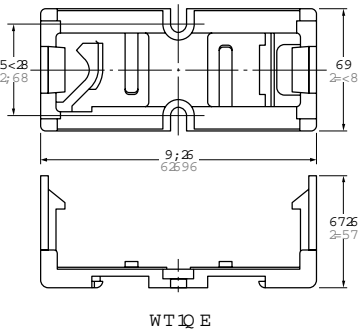
Rxiw>

,5-0 syrxrk \$gvi { w\$erh\$di\$ewixmrk\$
 fvegoix\$ vi \$rgy\$hih\$ \$di\$ \$tegoeki2
 ,6-0 syrxrk \$di\$ \$di\$ \$nd \$di\$ \$vstiv\$ syrxl
 mrk \$wixmrk\$ \$di\$ \$nd \$di\$ \$wixmrk\$ \$ j\$di\$
 REM \$v\$ evo\$ r\$et \$ j\$di\$ \$di\$ \$ewi\$ \$v\$ exgl
 mrk \$di\$ \$wixmrk\$ \$ j\$di\$ \$di\$ \$EM \$v\$ evo\$ r\$di\$
 xivq mre\$ f\$go\$ Xli\$ \$wixmrk\$ \$ j\$di\$
 xivq mre\$ f\$go\$ \$di\$ \$t\$ (evh\$wixmrk\$ \$ j\$
 xli\$ \$di\$)2

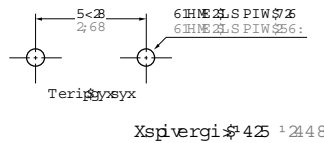
520 syrxrk
 Mwiw\$di\$e \$tev\$ \$ j\$di\$ewixmrk f vegoix\$
 mrx\$di\$ syrxrk \$vsszi\$ \$ j\$di\$ \$ivq mre\$
 f\$go\$ erh\$di\$ir\$ \$ \$di\$ f \$tev\$ \$vsszi\$
 { lpi\$ tviwmrk\$ nd \$di\$at \$ j\$e\$ nryw\$
 wgvi { hvzi2
 62V iq szez
 Wpni\$di\$ f \$tev\$ \$ j\$di\$ewixmrk f vegoix\$
 j\$e\$ \$di\$ \$vsszi\$ \$ \$di\$ \$ivq mre\$ f\$go\$
 { lpi\$ tviwmrk\$ nd \$di\$at \$ j\$e\$ nryw\$
 wgvi { hvzi2 [lpi\$ \$di\$ f vegoix\$ \$ \$di\$ \$v
 tswmrk\$ r\$di\$ tviwmrk\$ di\$ \$tev\$ \$ j\$di\$
 fvegoix\$ \$di\$ \$vi\$e\$ \$vni\$ (nd\$) syv\$ rkiw\$



Q syrxrk \$ \$exi



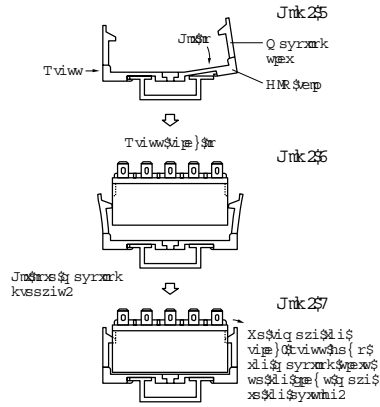
Xli\$ WT IV i2 \$
 WT IQ E \$ \$ezeglih



Hwi\$ \$gleww\$ syrxrk \$ \$swmrk \$ \$
 erh\$ \$tt mre\$ f\$ \$ \$HR \$ \$ezeg
 HR \$: 6 ; ; \$ 79 \$ \$ q \$ \$ \$ \$ \$ \$tt mre\$ f\$ \$ \$

Ywi\$ ixlsh
 5\$ sxl\$di\$WT\$ie}\$g\$erh\$g\$er\$fi\$
 q syrxih\$ss\$di\$ syrxrk\$w\$w2
 6\$ wi\$di\$ syrxrk\$w\$w\$mi\$iv\$}\$xegl1
 m\$di\$ q \$m\$ig\$}\$s\$di\$glew\$w\$0\$sv\$}\$
 q syrxrk\$ md\$e\$HMR\$sep
 ,E-\$ lir\$exegl\$mk\$hm\$ig\$}\$s\$glew\$w
 Ywi\$(\$s\$Q) 7\$gvi{\$w2
 Jsv\$di\$ syrxrk\$mg\$10\$ji\$iv\$ss\$di\$wt\$ig\$1
 2\$ex\$sr\$re\$ke\$ve\$2
 ,F-\$ lir\$ syrxrk\$sr\$e\$HMR\$sep
 Ywi\$e\$79q q \$5\$2/ ;<mg\$1\$ mi\$HMR\$sep\$
 ,HMR 8:6;;-2
 Xli\$ syrxrk\$ ixlsh\$w\$ls\$yh\$fi\$e\$w\$rh\$mi
 gexih\$sr\$di\$re\$ke\$ve\$e\$sr\$kl\$2

Q ixlsh\$sv\$ syrxrk\$sr\$HMR\$sep



,5-\$mw\$e\$di\$vg\$w\$letih\$e}\$ \$j\$di\$
 q syrxrk\$w\$e\$sr\$di\$HMR\$sep
 ,6-\$Tviw\$sr\$di\$w\$mi\$e\$w\$w\$ls{\$r\$sr\$di\$re\$1
 ke\$ve\$ \$fi\$2
 ,7-\$Jm\$e}\$di\$e}\${\$te\$w\$sr\$di\$stt\$w\$mi\$
 w\$mi\$2
 Tvi\$ey\$sr\$w\$sv\$wi
 [lir\$ syrxrk\$e\$e\$HMR\$sep\$wi\$e\$gs\$1
 q iv\$re\$e}\$e\$ze\$re\$fi\$e\$w\$sr\$rk\$e\$ve\$oi\$e}\$
 xli\$w\$e\$ri\$ih\$e\$e\$ost\$w\$rh\$rk\$e\$di\$
 q syrxrk\$w\$e\$sr\$di\$e\$hm\$ig\$sr\$2

Jsv\$Gey\$sr\$w\$sv\$Ywi\$w\$ii\$Vie}\$Xig\$lr\$ng\$e\$Pr\$js\$ve\$ex\$sr\$Teki\$B<\$s\$; :-2

PQ 5683PQ 6683PQ 7683PQ 6=46

Ps { Ts { ivUyeh StivexsrepEq tpmiw

KirivepHiwgvntxsr

Xli PQ 568 wivaw gsrwaw sj jsvmhitirhirx0lnkl kemr0
 mxivreg jduyirg) gsq tirwexih stivexsrep eq tpmiw
 { lrgl { ivi hiwkrih wtigjgq) xs stivexi jsq e wnrkpi
 ts { ivwyttg) szive { mhi verki sjzspekiw2Stivexsrs jsq
 wtpxcs { ivwyttpmiw nwpws tswmfpi erh xli ps { ts { ivwytt1
 tp) gywirx hvem nw hitirhirx sj xli qekrnvhi sj xli
 ts { ivwyttg) zspeki2

Ettgexsr eview mrggpi xerwhygiv eq tpmiw0 HG kemr
 fsgow erh epvxi gsrzixsrepst eq t gngymw { lrgl rs {
 ger fi q svi iewp) m tpiq irxih m wnrkpi ts { ivwyttg) w)w1
 xiq w2Jsvi | eq tpi0xli PQ 568 wivaw ger fi hwiqg) stivexi
 ih sjsj xli werheh e 9Z ts { ivwyttg) zspeki { lrgl m
 ywih m hknepw)wxiq w erh { mpeiw) tvezih xli viuywih
 mxivjegi ipigxrgw { mdsyxviuywark xli ehhsxrepk 59Z
 ts { ivwyttg) w2

Yrmuyi Glevegxiwvxg

- 1 M xli mriev q shi xli mtyx gsq q srlq shi zspeki
 verki mrggpiw kvsyrh erh xli sytxyzspeki ger epws
 w { mck xs kvsyrh0izir xlsykl stivexih jsq srlq e wnrk1
 kpi ts { ivwyttg) zspeki
- 1 Xli yrmw kemr gsww jduyirg) m xiq tixevyvi
 gsq tirwexih
- 1 Xli mtyx frw gywirxw epws xiq tixevyvi
 gsq tirwexih

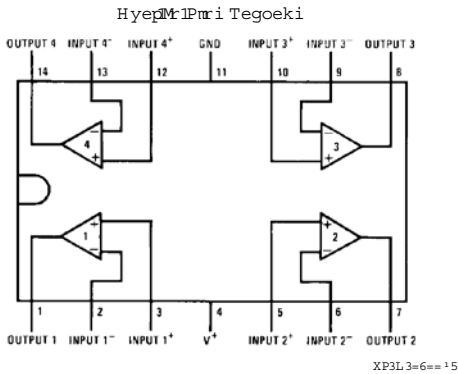
Ehzerxeki

- 1 I m mxiw riih jsvhyepwyttmiw
- 1 Jsvymxiwreg) gsq tirwexih st eq tw m e wnrkpi
 tegoeki
- 1 Eps { w hwiqg) wirwark riev KRH erh Z_{SYX} epws ksiw
 xs KRH
- 1 Gsq texpfi { m epvsvq w sj pskg
- 1 Ts { ivhvem wnefpi jsvfexiv) stivexsr

Jiexyiv

- 1 Mxiwreg) jduyirg) gsq tirwexih jsvyrmw kemr
- 1 Pevki HG zspeki kemr 544 hP
- 1 [mhi ferh { mhd, yrmw) kemr-
 xiq tixevyvi gsq tirwexih-
 [mhi ts { ivwyttg) verki >
 Wnrkpi wyttg) 7Z xs 76Z
 svhyepwyttmiw k 529Z xs k 5:Z
- 1 Ziv) ps { wyttg) gywirx hvem ,44 qE-š iwirwreg) m1
 hitirhirxsjwyttg) zspeki
- 1 Ps { mtyx frwark gywirx 89 rE
 xiq tixevyvi gsq tirwexih-
- 1 Ps { mtyxsjjwixzspeki 6 q Z
 erh sjwixgywirx 9 rE
- 1 Mtyxgsq q srlq shi zspeki verki mrggpiw kvsyrh
- 1 Hmji virwepmtyx zspeki verki iuyepxs xli ts { ivwytt1
 tp) zspeki
- 1 Pevki sytxyzspeki w { mck 4Z xs Z^e f 529Z

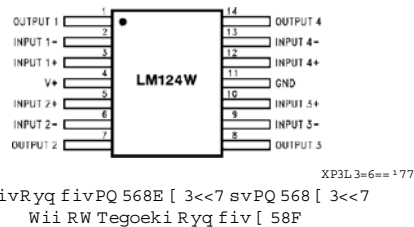
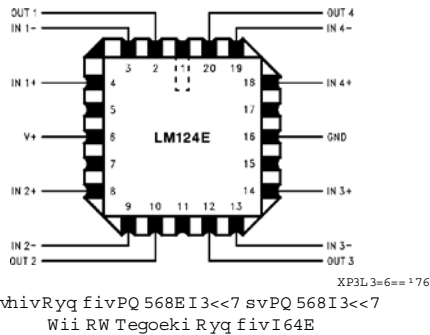
Gsrrigxsr Hnævq



Xst Zm {

SvhivRyq fivPQ 568N0PQ 568EN0PQ 568N3<<7..0
 PQ 568EN3<<7.0PQ 668N0PQ 668EN0PQ 768N0PQ 768Q 0
 PQ 768EQ 0PQ 6=46Q 0PQ 768R 0PQ 768ER svPQ 6=46R
 Wii RW Tegoeki Ryq fivN58E 0Q 58E svR 58E

.PQ 568E ezepfpi tivNQ 7<95435544:
 ..PQ 568 ezepfpi tivNQ 7<954355449



Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications. (Note 9)

	LM124/LM224/LM324 LM124A/LM224A/LM324A	LM2902	LM124/LM224/LM324 LM124A/LM224A/LM324A	LM2902
Supply Voltage, V^+	32V	26V	32V	26V
Differential Input Voltage	32V	26V	32V	26V
Input Voltage	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V	-0.3V to +32V	-0.3V to +26V
Input Current ($V_{IN} < -0.3V$) (Note 3)	50 mA	50 mA	50 mA	50 mA
Power Dissipation (Note 1)	1130 mW	1130 mW	1130 mW	1130 mW
Molded DIP	1260 mW	1260 mW	1260 mW	1260 mW
Cavity DIP	800 mW	800 mW	800 mW	800 mW
Small Outline Package				
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier) (Note 2)	Continuous	Continuous	Continuous	Continuous
$V^+ \leq 15V$ and $T_A = 25^\circ C$				
Operating Temperature Range	0°C to +70°C	-40°C to +85°C	0°C to +70°C	-40°C to +85°C
LM324/LM324A				
LM224/LM224A				
LM124/LM124A				

Storage Temperature Range
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)
Soldering Information
Dual-In-Line Package
Soldering (10 seconds)
Small Outline Package
Vapor Phase (60 seconds)
Infrared (15 seconds)
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.
ESD Tolerance (Note 10)

Storage Temperature Range
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)
Soldering Information
Dual-In-Line Package
Soldering (10 seconds)
Small Outline Package
Vapor Phase (60 seconds)
Infrared (15 seconds)
See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.
ESD Tolerance (Note 10)

Electrical Characteristics $V^+ = +5.0V$, (Note 4), unless otherwise stated

Parameter	Conditions	LM124A		LM224A		LM324A		LM124/LM224		LM324		LM2902		Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	(Note 5) $T_A = 25^\circ C$	1	2	1	3	2	3	2	5	2	7	2	7	mV
Input Bias Current (Note 6)	$I_{IN(+)} \text{ or } I_{IN(-)}$; $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$	20	50	40	80	45	100	45	150	45	250	45	250	nA
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}$; $V_{CM} = 0V$, $T_A = 25^\circ C$	2	10	2	15	5	30	5	30	5	50	5	50	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 7)	$V^+ = 30V$, (LM2902, $V^+ = 26V$), $T_A = 25^\circ C$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	0	$V^+ - 1.5$	V
Supply Current	Over Full Temperature Range $R_L = \infty$ On All Op Amps $V^+ = 30V$ (LM2902 $V^+ = 26V$) $V^+ = 5V$	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	1.5	3	mA
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = 15V$, $R_L \geq 2 k\Omega$, ($V_O = 1V$ to $11V$), $T_A = 25^\circ C$	50	100	50	100	25	100	50	100	25	100	25	100	V/mV
Common-Mode Rejection Ratio	DC, $V_{CM} = 0V$ to $V^+ - 1.5V$, $T_A = 25^\circ C$	70	85	70	85	65	85	70	85	65	85	65	85	dB
Power Supply Rejection Ratio	$V^+ = 5V$ to $30V$ (LM2902, $V^+ = 5V$ to $26V$), $T_A = 25^\circ C$	65	100	65	100	65	100	65	100	65	100	65	100	dB

Electrical Characteristics $V^+ = +5.0V$ (Note 4) unless otherwise stated (Continued)

Parameter	Conditions	LM124A		LM224A		LM324A		LM124/LM224		LM324		LM2902		Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Amplifier-to-Amplifier Coupling (Note 8)	$f = 1 \text{ kHz to } 20 \text{ kHz}, T_A = 25^\circ\text{C}$ (Input Referred)	-120		-120		-120		-120		-120		-120		dB
Output Current	Source $V_{IN}^+ = 1V, V_{IN}^- = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 2V, T_A = 25^\circ\text{C}$	20	40	20	40	20	40	20	40	20	40	20	40	mA
	Sink $V_{IN}^- = 1V, V_{IN}^+ = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 2V, T_A = 25^\circ\text{C}$	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	
Short Circuit to Ground	$V_{IN}^- = 1V, V_{IN}^+ = 0V,$ $V^+ = 15V, V_O = 200 \text{ mV}, T_A = 25^\circ\text{C}$	12	50	12	50	12	50	12	50	12	50	12	50	μA
	(Note 2) $V^+ = 15V, T_A = 25^\circ\text{C}$	40	60	40	60	40	60	40	60	40	60	40	60	
Input Offset Voltage	(Note 5)	4		4		5		7		9		10		mV
Input Offset Voltage Drift	$R_S = 0\Omega$	7	20	7	20	7	30	7		7		7		$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current	$I_{IN(+)} - I_{IN(-)}, V_{CM} = 0V$	30		30		75		100		150		45	200	nA
Input Offset Current Drift	$R_S = 0\Omega$	10	200	10	200	10	300	10		10		10		$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current	$I_{IN(+)} \text{ or } I_{IN(-)}$	40	100	40	100	40	200	40	300	40	500	40	500	nA
Input Common-Mode Voltage Range (Note 7)	$V^+ = +30V$ (LM2902, $V^+ = 26V$)	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	0	$V^+ - 2$	V
Large Signal Voltage Gain	$V^+ = +15V$ (V_O Swing = $1V$ to $11V$) $R_L \geq 2 \text{ k}\Omega$	25		25		15		25		15		15		V/mV
	$R_L = 2 \text{ k}\Omega$	26		26		26		26		26		22		
Output Voltage Swing	V_{OH} (LM2902, $V^+ = 26V$)	27	28	27	28	27	28	27	28	27	28	23	24	V
	V_{OL}	5	20	5	20	5	20	5	20	5	20	5	100	

Electrical Characteristics $V^+ = +5.0V$ (Note 4) unless otherwise stated (Continued)

Parameter	Conditions	LM124A		LM224A		LM324A		LM124/LM224		LM324		LM2902		Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Output Current	Source $V_O = 2V$	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	10	20	mA
	Sink	10	15	5	8	5	8	5	8	5	8	5	8	

Note 1: For operating at high temperatures, the LM324/LM324A/LM2902 must be derated based on a $+125^\circ\text{C}$ maximum junction temperature and a thermal resistance of $88^\circ\text{C}/\text{W}$ which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM224/LM224A and LM124/LM124A can be derated based on a $+150^\circ\text{C}$ maximum junction temperature. The dissipation is the total of all four amplifiers—use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate or to reduce the power, which is dissipated in the integrated circuit.

Note 2: Short circuits from the output to V^+ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V^+ . At values of supply voltage in excess of $+15V$, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

Note 3: This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V^+ voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than $-0.3V$ (at 25°C).

Note 4: These specifications are limited to $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$ for the LM124/LM124A. With the LM224/LM224A, all temperature specifications are limited to $-25^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$, the LM324/LM324A temperature specifications are limited to $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$, and the LM2902 specifications are limited to $-40^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$.

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

Note 6: The direction of the input current is out of the IC due to the PNP input stage. This current is essentially constant, independent of the state of the output, so no loading change exists on the input lines.

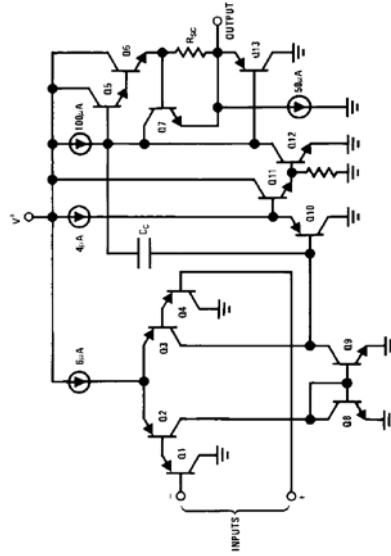
Note 7: The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than $0.3V$ (at 25°C). The upper end of the common-mode voltage range is $V^+ - 1.5V$ (at 25°C), but either or both inputs can go to $+32V$ without damage ($+26V$ for LM2902), independent of the magnitude of V^+ .

Note 8: Due to proximity of external components, insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.

Note 9: Refer to RETS124AX for LM124A military specifications and refer to RETS124X for LM124 military specifications.

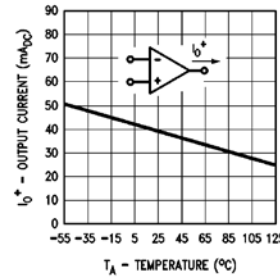
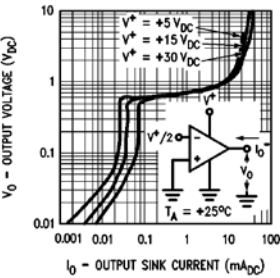
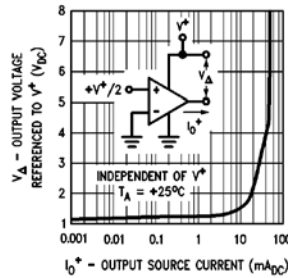
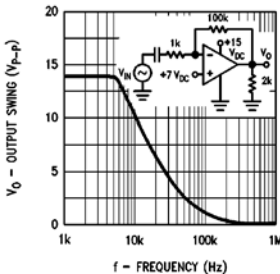
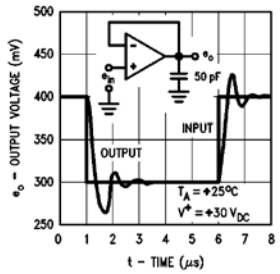
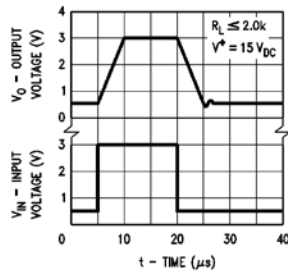
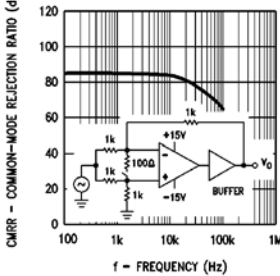
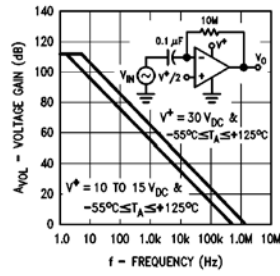
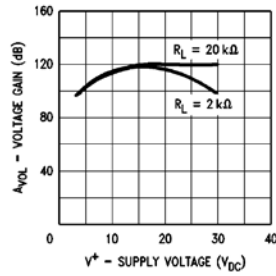
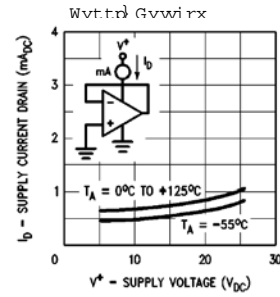
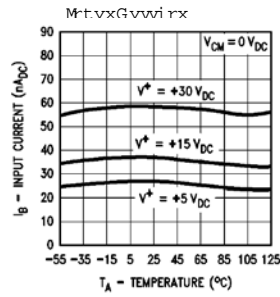
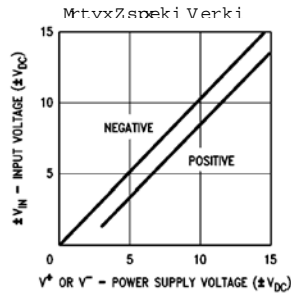
Note 10: Human body model, 1.5 k Ω in series with 100 pF.

Schematic Diagram (Each Amplifier)



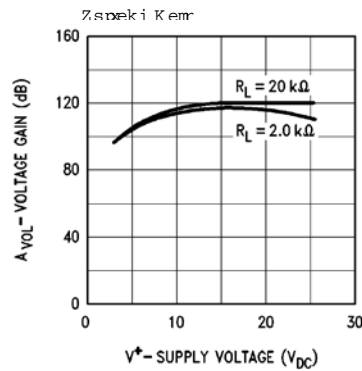
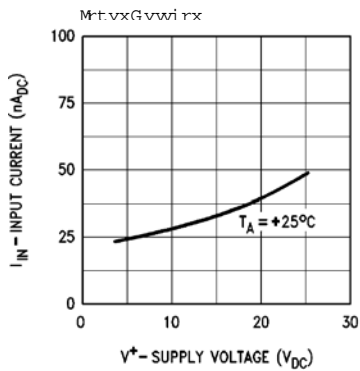
TL/H/92399-2

X}trgepTivjsvq ergi Glevegxi vnxigw



XP3L3=6=17

X) tūgēptivjsvq ergi Glevegi vwxwzgw ,PQ 6=46 srj-



XP3L3=6=+8

E ttgēxsr L m xw

Xli PQ568 wivw evi st eqtw { lgl stivexi { m srj } e warkpi ts { ivwyttj } zspeki 0 lezi xyil hji vix rēp rtyxw0 erh viq emr m xli p rievq shi { m er mtyxgsq q srlq shi zspeki sj 4 ZHG2 Xliwi eq tgnjw stivexi szive { m i verki sjts { ivwyttj } zspeki { m mēpi glerki m tivjsvq 1 ergi glevegi vwxwzgw 2 Ex69EG eq tgnjvstivexsr m tswwifpi hs { r x e q m r y q wyttj } zspeki sj 627 ZHG2

Xli tmrsyw sjxli tegoeki lezi fiir hiwkrih xw wq tgnj } TG fsevh pē } syxw2 Mzivaruk mtyxw evi ehēgixxs syxtyw jsv ep sj xli eq tgnjw erh xli syxtyw lezi epis fiir tēgih exxi gsvriw sjxli tegoeki , tmw 50 ; 0 < 0 erh 58 - 2 Tvigeyxsrw wlsyph fi xcoir xw mwyvā dxexdi ts { ivwyttj } jsvxi mrxkexih gmgym rrizivfigsq iw viziwih m tsēvā sv dxexdi yrnk r sxmrehziwixp } m rweēpih fego { evh m e xiwxs goixewer yz pū m d h gyvā rxwyki dxvskl xli viwypā mk jsv { evh hshhi { m m xli MG gsyph geyvi j yrnk sj xli m xivrepgrhygsxw erh viwypm e hiwxs } ih yrn2

Pecki hji vix rēp rtyx zspekiw ger fi iewp } eggsq q s1 hexih erh0ew mtyxhji vix rēp zspeki tvsxi gxsr hshhiw evi rsxriihih0rs pēki mtyxgywirw viwyp jsq pēki hji vā irxēp rtyx zspekiw 2 Xli hji vix rēp rtyx zspeki q e } fi pēkiv xler Z^e { m d syx heq ekmk xli hizēpi 2 Tvēxi gxsr wlsyph fi tvsznih xw tvzixrdi mtyx zspekiw jsq ksmk rikexxi q svā xler f 427 ZHG , ex 69EG - 2 Er mtyx gēq t hshhi { m e viwxs vxs xli MG mtyx xiq mēpger fi ywih 2

Xs vihygi xli ts { ivwyttj } hvem0 xli eq tgnjw lezi e gēvew E syxtywēki jsvw epw wkrēpizip { lgl gsrziw xw gēvew F m e pēki wkrēp shi 2 Xliw egs { w xli eq tgnjw xw fsxl wsygi erh wmo pēki syxtyw gywirw 2 Xli vijsvi fsxl RTR erh TRT i | xivrepgywirw fssw xerw w xw ger fi ywih xw i | xirh xli ts { ivgetefm } sj xli fewēq eq tgnj i w 2 Xli syxtyw zspeki riihw xw vēmā ettv mē exi p } 5 hū shi hvst efszi kvsyrh xw fēw xli srlglm zivwēp TRT xerw w sv jsv syxtyw gywirw m m rēk ettgēxsrw 2

Jsvēg ettgēxsrw0 { livi xli pēh m getegm zip } gsytpih xw xli syxtyxsj xli eq tgnjv0 e viwxs v wlsyph fi ywih0 jsq xli syxtyxsj xli eq tgnjv xw kvsyrh xw m rēvievā xli gēvew E fēw gyvā xerh tvzixrgsvs zivh m sv xsr 2

{ livi xli pēh m hviēgēp } gsytpih0 ew m rēg ettgēxsrw0 xli vi m rs gēvxs zivh m sv xsr 2

Getegm zī pēhw { lgl evi ettgēh hviēgēp } xw xli syxtyxsj xli eq tgnjv vihygi xli jst wēf mē q evkm 2 Zēyiw sj 94 tJ ger fi eggsq q shexih yw m k xli { swā gēwi rsrlm 1 zivaruk yrn } kem gsrri gxsr 2 Pēki gsvih jst kemw sv viwxs zī m sv xsr wlsyph fi ywih m pēkiv pēh getegm ergi q ywxfi hvzif } xli eq tgnjv 2

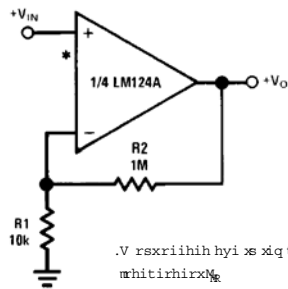
Xli fēw rix { svō sj xli PQ 568 iwēf m lvi e hvem gywirw { lgl m rēhitirixxsj xli q ek rēv h i sj xli ts { ivwyttj } zspeki szivxli verki sj jsq 7 ZHG xw 74 ZHG 2

Syxtyw wlsv gmgym m m d ivxs kvsyrh svxs xli tvs m zī ts { 1 ivwyttj } wlsyph fi sj wlsv xū i hyvxs 2 Yrn m ger fi hiwxs } ih0rsxew e viwyp xli wlsv gmgym gyvā irx geyw m k q ixēp jw m k 0 fyxvēd ivhyi xw xli pēki m rēvievā m MG glm h m w m xsr { lgl { mēgēyvi izirxēp jēvā h i xw i | giw l w zī i r y g x s r x i q t i v e x y v i w 2 T y x m k h m i g x w l s v d g m g y m s r q s v i x l e r s r i e q t g n j v e x e x q i { m m r g v i e w i x l i s z e p M G t s { i v h m w m x s r x w h i w x y g z i p i z i p m j r s x t v s t i v } t v s l x i g d h { m i | x i v r e p h m w m x s r p q m k v i w w s w m r w i v i w { m d x i s y x t y p i e h w s j x l i e q t g n j w 2 X l i p e k i v z e g i s j s y x t y x w s y g i g y w i r x { l g l m e z e m f p i e x 6 9 E G t v s z n i h e p e k i v s y x t y g y w i r x g e t e f m } e x i p z e x i h x i q t i v e x y v i w , w i i x t g e p t i v j s v q e r g i g l e v e g i v w x w z g w - x l e r e w e r h e v h M G s t e q 2

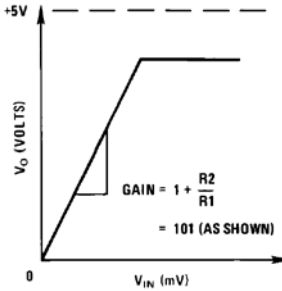
Xli gmgym tvivirāh m xli wigxs sr x t g e p e t t g e x s r w i g t l e w i s t i v e x s r s r s r j e w a r k p i t s { i v w y t t j } z s p e k i 2 M j g s q t p i q i r x e v } t s { i v w y t t j w e v e z e m f p i 0 e p s j x l i w e r h e v h s t e q t g m g y m g e r f i y w i h 2 M k i r i v e p m r x s h y g l m k e t w i y h s l k v s y r h e f r e w z s p e k i v i j v i r g i s j Z^e 36 - { m e g s { s t i v e x s r e f s z i e r h f i j s { x l w z e g i m w a r k p i t s { i v w y t t j } w w d q w 2 Q e r } e t t g e x s r g m g y m e v i w l s { r { l g l x e o i e h z e r e k i s j x l i { m i m t y x g s q q s r l q s h i z s p e k i v e r k i { l g l m r g y h i w k v s y r h 2 M q s w x g e w i w 0 m t y x f r e w m k m r s x v i u y m d h e r h m t y x z s p e k i w { l g l v e r k i x w k v s y r h g e r i e w p } f i e g g s q q s h e x i h 2

X) tngrepWmrkpi Wyttp) Ettngexsrw ,Z^e i 94 ZHG-

RsrMziwark HG Kem ,4Z Mtyxi 4Z Sytyx-

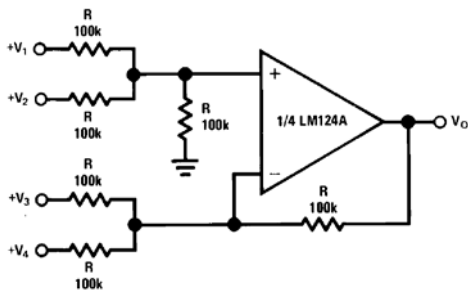


.V raxriihih hyi x xigtivexvā
mhitirixk_g



XP3L3=6==19

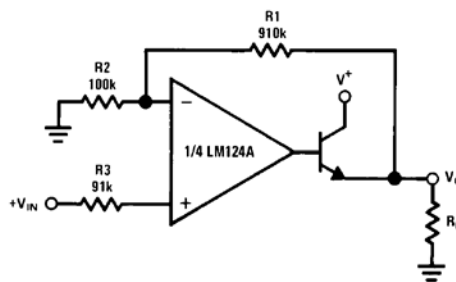
HG Wyyq q nrk Eq tgniv
Z_{MR} W × 4 ZHG erh Z_S × ZHG-



XP3L3=6==1:

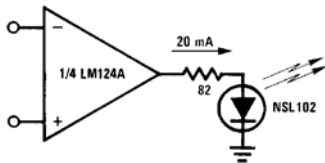
[livi>Z_S i Z₅ e Z₆ f Z₇ f Z₈
Z₅ e Z₆-x ,Z₇ e Z₈->x oit Z_S P 4 ZHG

Ts { ivEq tgniv



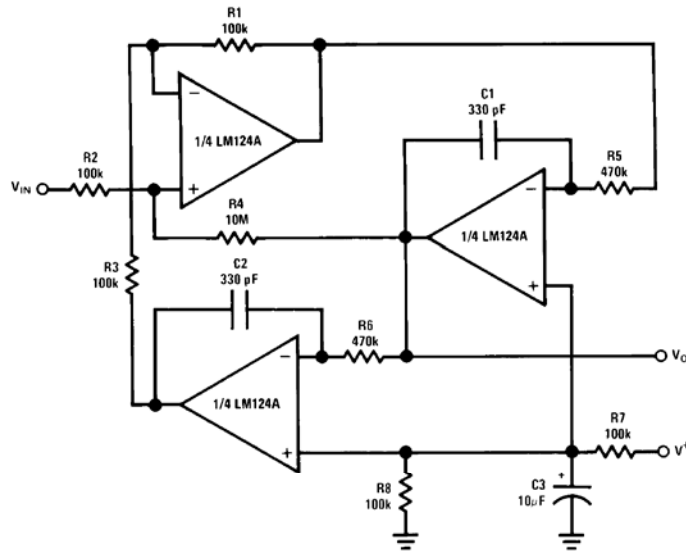
XP3L3=6==1;

PIH Hwziv



XP3L3=6==1<

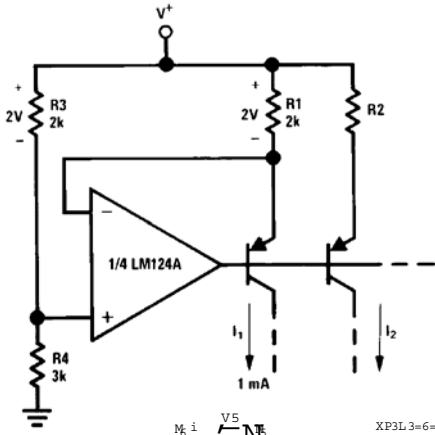
dFMU YEH +VG Egxzi Ferhteww Jmpiv



XP3L3=6==1=

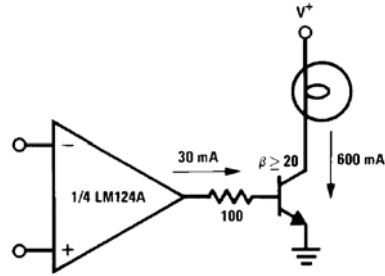
X)trgepWmkpi Wyttr} Etrrpxs rw ,z° i 924 ZHG-,Gsrxyih-

Uñih GywirxWsyvgiw



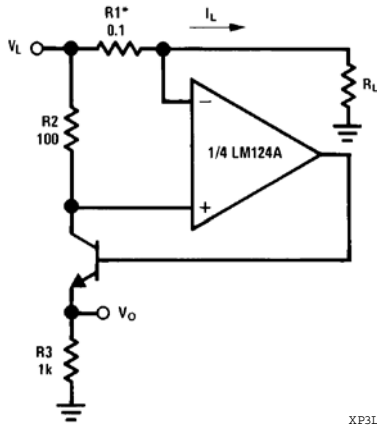
$\frac{V_5}{V_6} \approx \frac{1}{2}$ XP3L3=6==154

Peqt Hvzriv



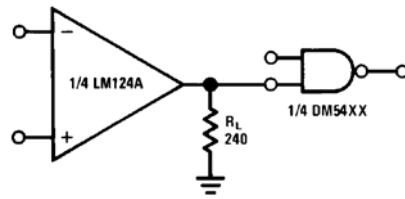
XP3L3=6==155

GywirxQ srmsv



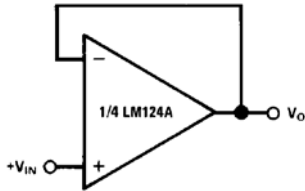
XP3L3=6==156

Hvzmrk XXP



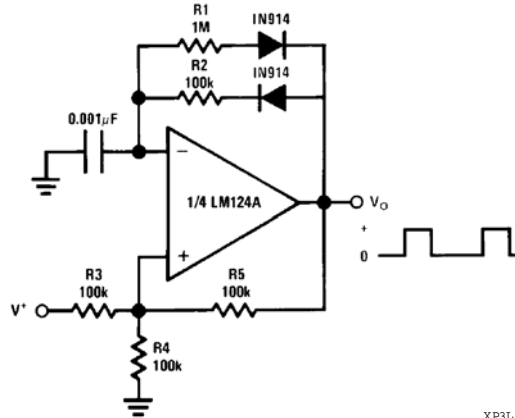
XP3L3=6==157

Zspeki Jsps{ iv



XP3L3=6==158

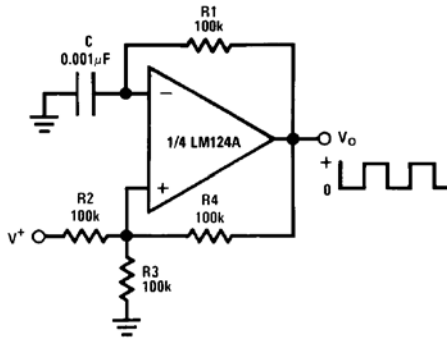
Typvi Kirivexsv



XP3L3=6==159

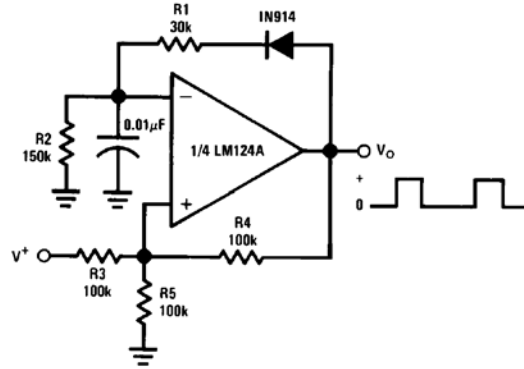
X} tngpWmkpi Wyttd) Ettngxsrw ,z^e i 924 ZHG- Gsrxyih-

Wuyevi (ezi S wgtpe)sv



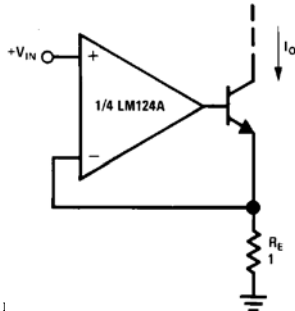
XP3L3=6==15:

Typi Kirivesv



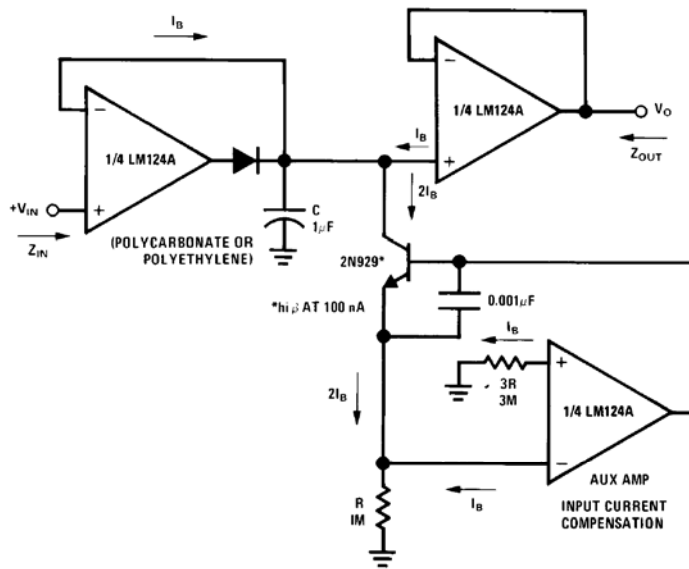
XP3L3=6==15;

Lkl Gsq tpegi GywirxWtro



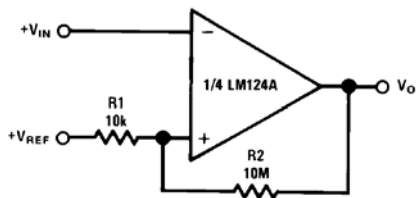
Mgvlew1 V_I jsvl_g wq ep_g XP3L3=6==15c

Ps { Hwtktio Hixigsv



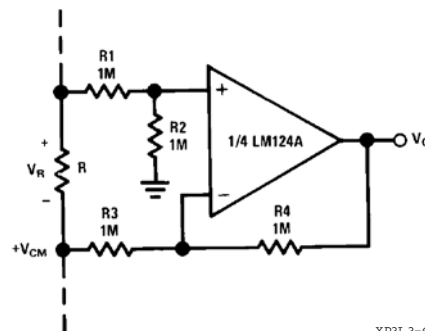
XP3L3=6==15=

Gsq tevexsv { mđ L } wđiviww



XP3L3=6==164

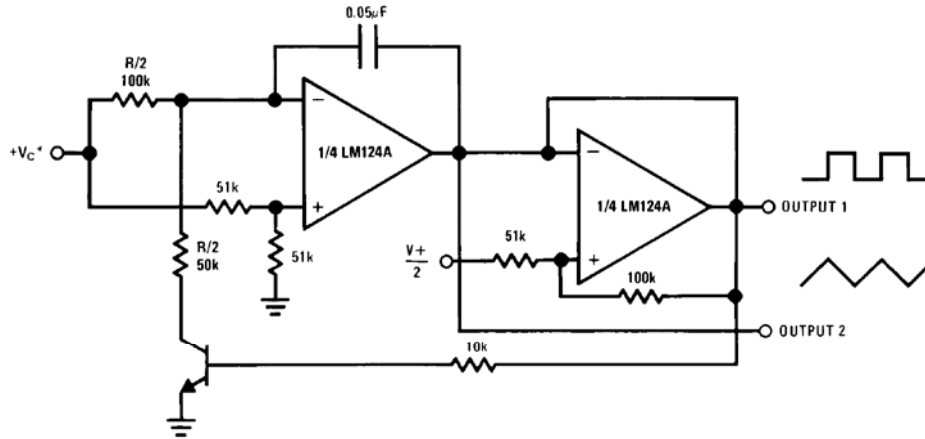
Kvsyrh Vijivirgmk e HttjivirxepMtyxWnkrep



XP3L3=6==165

X) tngpWmkpI Wyttt} E ttpgexrw ,z° i 924 ZHG-,Gsrxyih-

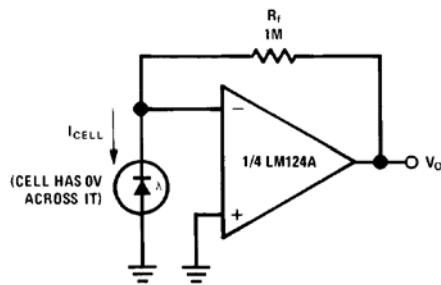
Zspeki Gsrxyih S wngxsvGmgymk



XP3L3=6==166

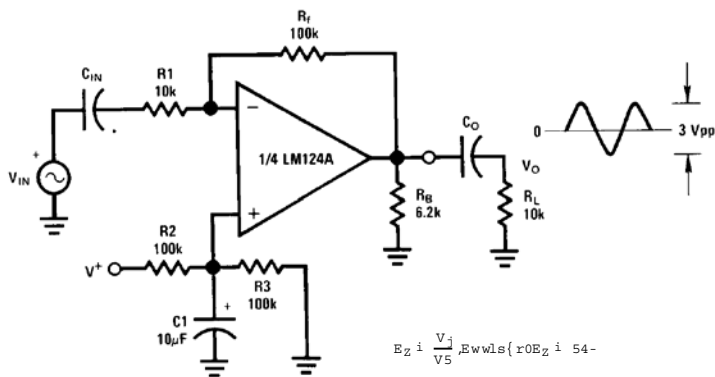
. [mhi gsrxyhpspeki verki>4 ZHG W ZG W 6 ,z° f 528 ZHG-

Tlsxs ZspewGipEq tpgni v



XP3L3=6==167

EG Gsytpih Mrziwck Eq tpgni v

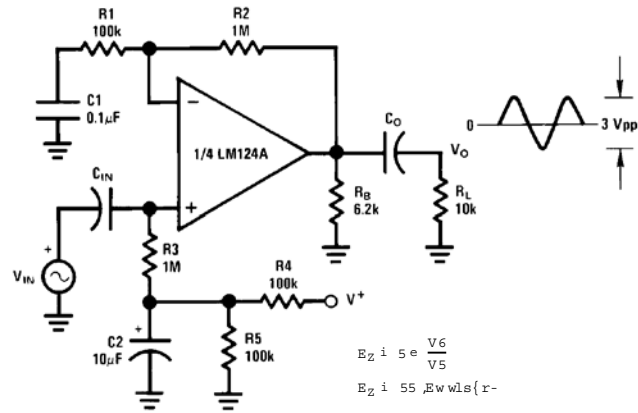


Ez i $\frac{V_j}{V_5}$ EwWls{ r0Ez i 54-

XP3L3=6==168

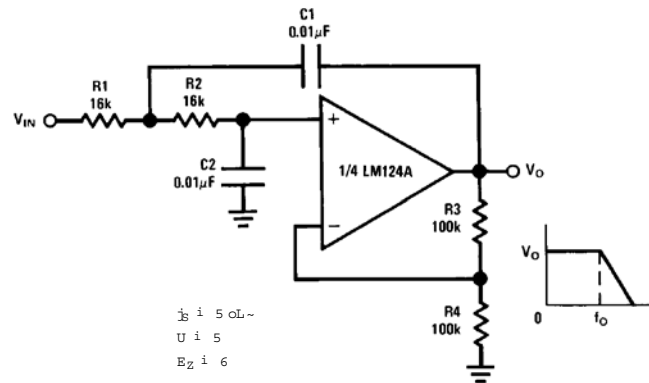
X} tngepWmkpi .Wyttp) Ettngexs rw ,Z^e i 924 Z_{HG}-Gsrxyih-

EG Gsytpih Rsr IMziwark Eq tgniv



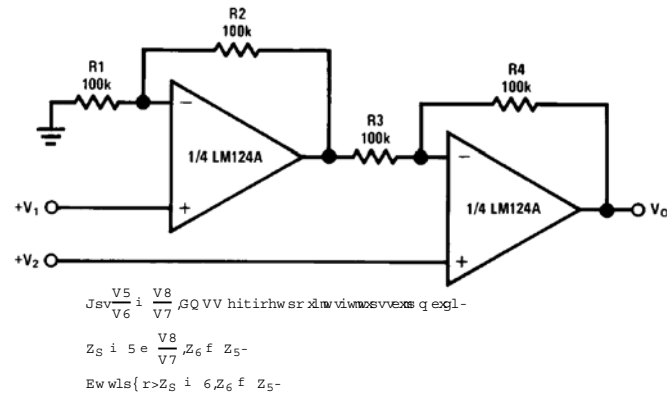
XP3L3=6==169

HG Gsytpih Ps { Ilwew VG Egnzi Jtpdiv



XP3L3=6==16:

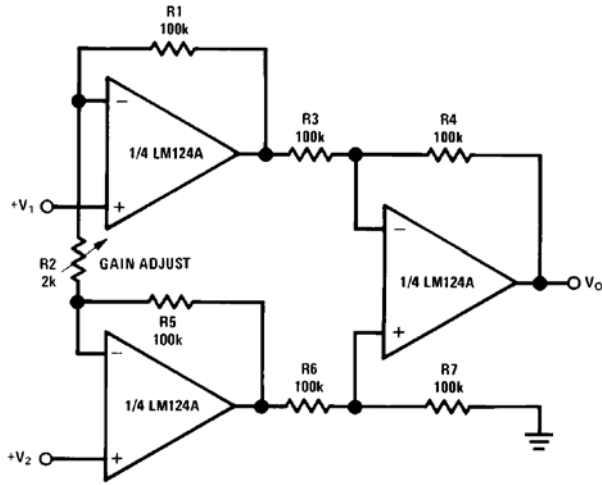
Lnk1 Mtyx^OHG HnjivirxepEq tgniv



XP3L3=6==16;

X}tngpWnrkpi Wyttp} Ettgpxsrw ,Z° i 924 ZHG-,Gsrxyih-

Lrk1 Mtyx^ Ehywefpi Kem
HG Mwxxyq irxexsr Eq tpgjuv



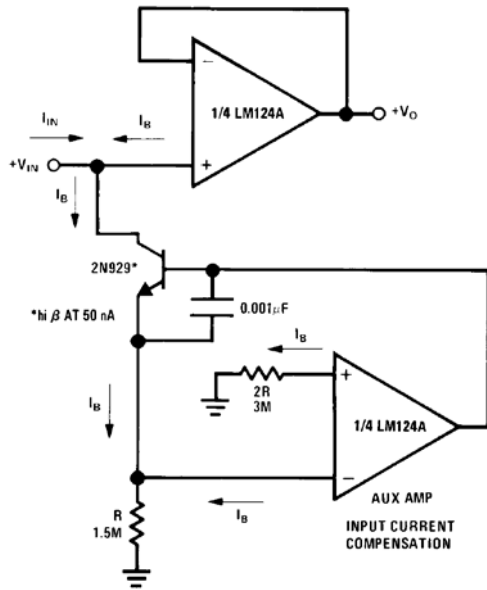
MjV5 i V9 * V7 i V8 i V: i V; ,GQ VV hitirhwsr q exgl-

XP3L3=6==16<

$$Z_S i 5 e \frac{6V5}{V6} ,Z_6 f Z_5-$$

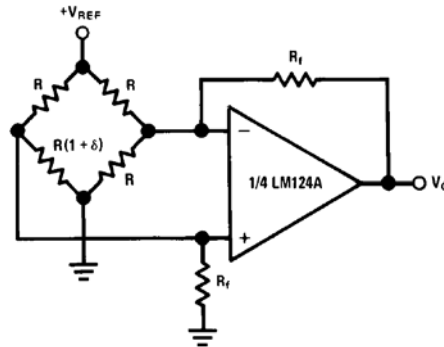
$$Ewwls\{r Z_S i 545 ,Z_6 f Z_5-$$

Ywrk W}q q ixwepEq tpgjuwxs
Vihygi MrtyxGywirx,KirivepGsrigitx-



XP3L3=6==16=

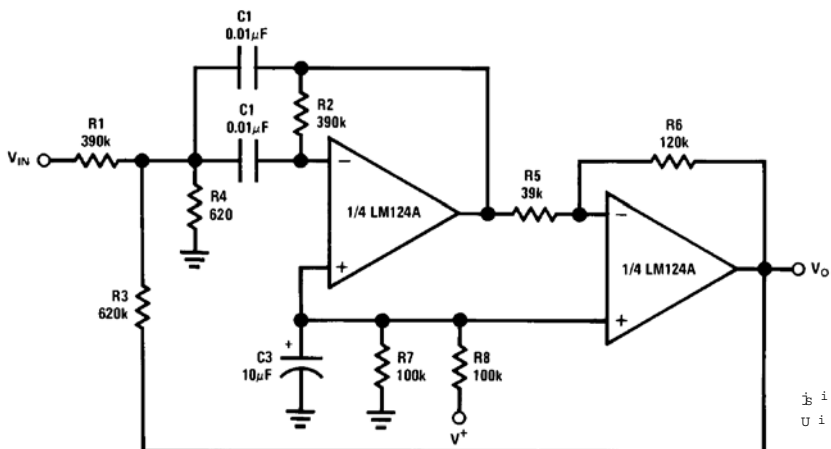
Fwñki GywirxEq tpgjuv



XP3L3=6==174

X} tngepWmrkpi IWyttp) Ettngexs rW ,Z^e i 924 Z_{HG}-Gsrxyih-

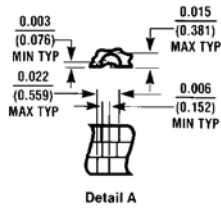
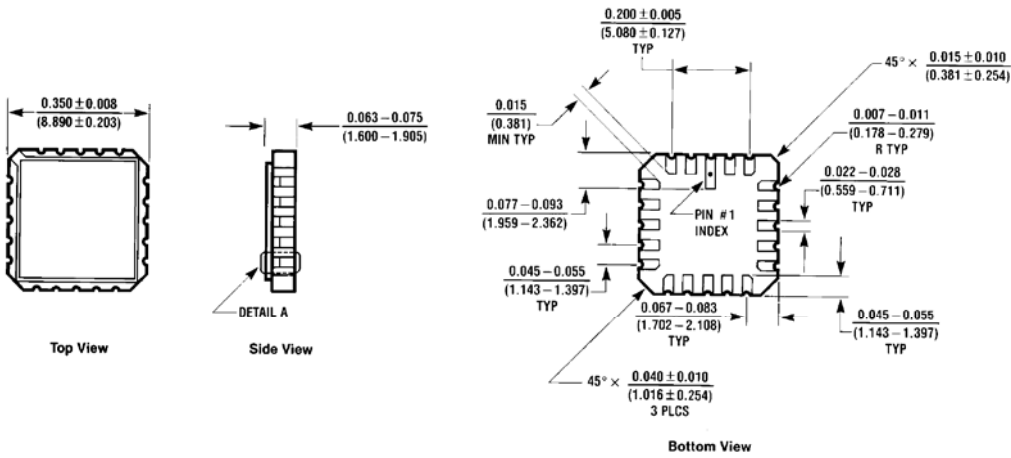
Ferhteww Egxzzi Jpdxv



U i 69
U i 69

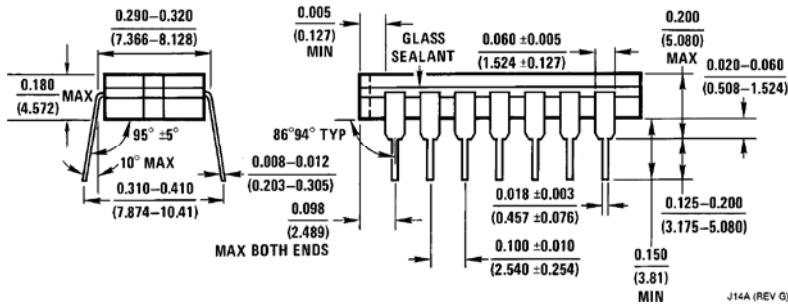
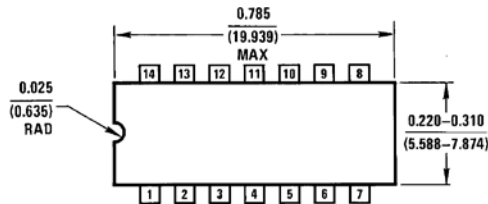
XP3L3=6=175

Tl } wgepHng irwns rw nrgliw ,g nngq ixiw-



E204 (REV D)

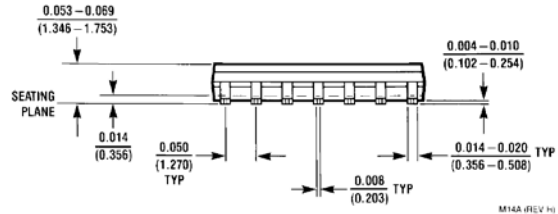
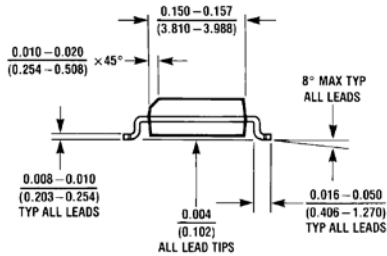
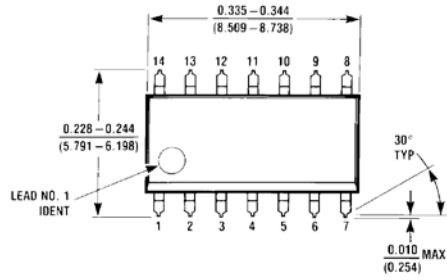
Piehpw Glt GewwvTegoeki
 SwhivRyq fivPQ 568EI3<<7 svPQ 568I3<<7
 RW Tegoeki Ryq fivI64E



J14A (REV G)

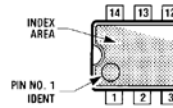
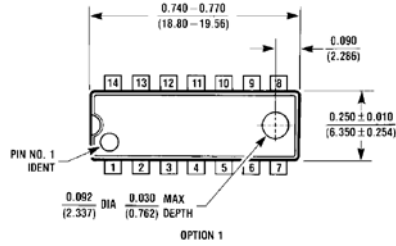
Giveq ng HyepM:1Pmri Tegoeki ,N-
 SwhivRyq fivPQ 568N0PQ 568EN0PQ 568EN3<<70PQ 568N3<<70PQ 668N0PQ 668EN svPQ 768N
 RW Tegoeki Ryq fivN58E

Tl } wngepHm q irwns rw mglw q m q ixiw- Gsrxyih-

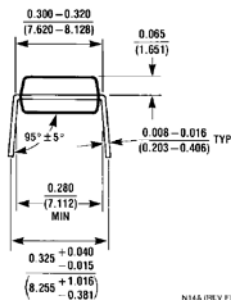
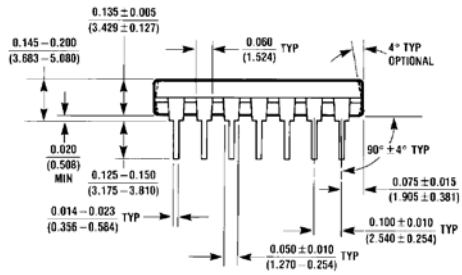


M14A (REV H)

W S 2Tegoeki Q -
SwhivRyq fivPQ 768Q OPQ 768EQ svPQ 6=46Q
RW Tegoeki Ryq fivQ 58E



OPTION 02

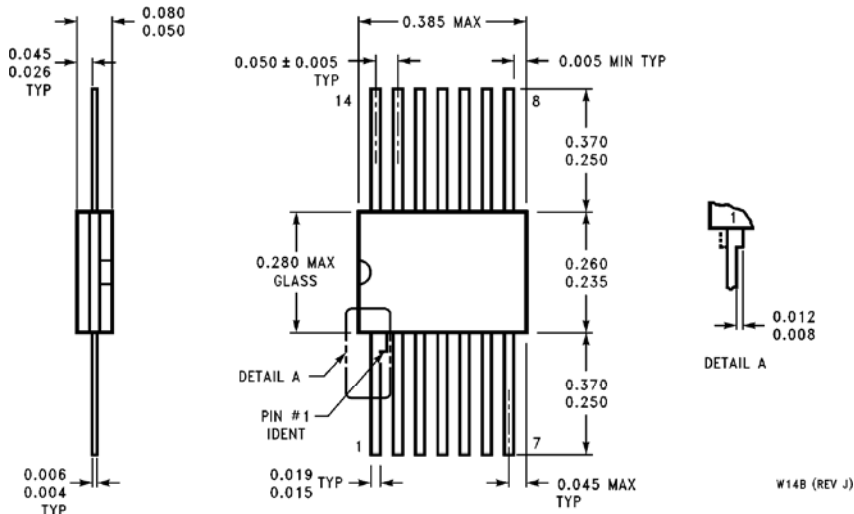


N14A (REV F)

Q sphih HyegM rIPmri Tegoeki ,R -
SwhivRyq fivPQ 768R OPQ 768ER svPQ 6=46R
RW Tegoeki Ryq fivR 58E

LM124/LM224/LM324/LM2902
Low Power Quad Operational Amplifiers

Tl } wngpHnq irwtsrw nrgliw q nq ixiw- Gsrxyih-




Giveq nq Jjexteo Tegoeki
 SwhivRyq fivPQ 568E [3<<7 svPQ 568 [3<<7
 RW Tegoeki Ryq fiv [58F

PNJI WYTTSVX TSPNG]

REXMSREPW TVSHYGXW EVI RSX EYXLSVM'IH JSV YWI EW GVMXGEP GSQTSRIRXW MR PNJI WYTTSVX
 HIZNGIW SV W]WXIQW [MLSYX XLI I\TVIWW [VMXIR ETTVSZEP SJ XLI TVIWMHIRX SJ REXMSREP
 WIQMSRHYGXS SV GSVTSEVEXMSR2Ew ywih livim>

52 Pnji wyttsw hizngiw sv w}wdiqw evi hizngiw sv
 w}wdiqw { lq10 e- evi nrxirhiv jsv wykngp nq tpx
 nrxs xli fsh}0sv,f- wyttswxsvwywem nji 0erh { lswi
 jengvi xs tivsvq 0 { lir tvstiv} ywih nq eggshergi
 { nd nrxxygpxsrw jsvywi tvsznih nq xli pefiark0 ger
 fi viewsrefj} i|tigxh xs vlypx:n e wkrnggerx:nryv}
 xs xli ywi2

62E gvngp gsqtsrinx nq er} gsqtsrinx sj e nji
 wyttsw hizngi sv w}wdiq { lswi jengvi xs tivsvq ger
 fi viewsrefj} i|tigxh xs geywi xli jengvi sj xli nji
 wyttsw hizngi sv w}wdiq 0 sv xs ejjigx nq wejix} sv
 ijigpxiriw2

 <p>National Semiconductor Corporation 1111 West Bardin Road Arlington, TX 76017 Tel: 1(800) 272-9959 Fax: 1(800) 737-7018</p>	<p>National Semiconductor Europe Fax: (e 49) 0-180-530 85 86 Email: onjwge@twm2.nsc.com Deutsch Tel: (e 49) 0-180-530 85 85 English Tel: (e 49) 0-180-532 78 32 Français Tel: (e 49) 0-180-532 93 58 Italiano Tel: (e 49) 0-180-534 16 80</p>	<p>National Semiconductor Hong Kong Ltd. 13th Floor, Straight Block, Ocean Centre, 5 Canton Rd. Tsimshatsui, Kowloon Hong Kong Tel: (852) 2737-1600 Fax: (852) 2736-9960</p>	<p>National Semiconductor Japan Ltd. Tel: 81-043-299-2309 Fax: 81-043-299-2408</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

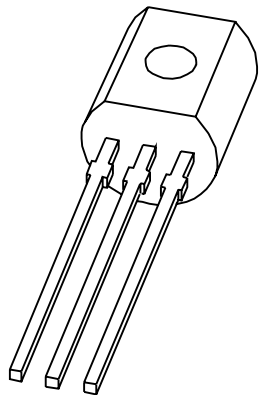
National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

Xlw hexwliixlew fiir\$ns{ rseh jsq >

{{{ hexwliixgexsk2sq

Hexwliix jsvipgxsmgw\$jsq tsrirw2

DATA SHEET



BC546; BC547 NPN general purpose transistors

Tvshygwtigmgexsr
Wytiwihwshexsj5==; Q ev48

5=== Etv59

RTR \$kirivept yvt swi \$sverwmxsw

FG 98: ?FG 98;

JIEXYVIW

Ê Ps { \$ywir\$qe | 2544 q E -
 Ê Ps { \$zspeki\$qe | 2:9 Z -2

ETTPGEXMSRW

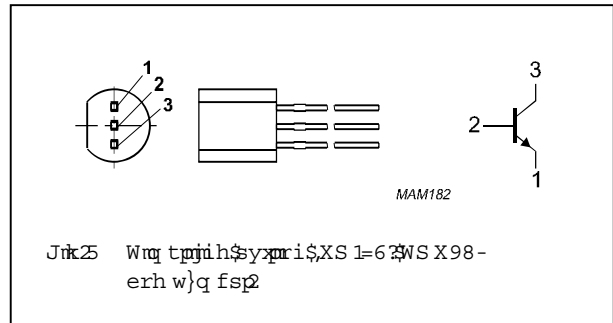
Ê Kirivept yvt swi \$w { mglmrk \$erh \$eq t m j g e x s r 2

HIWGVMTXMSR

RTR \$sverwmxsw \$r \$XS 1-6 \$WS X98 \$t p e w q \$ t e g o e k i 2
 TRT gsq t p i q i r x w \$ F G 99 : \$ e r h \$ F G 99 ; 2

TMRMRK

TMR	HIWGVMTXMSR
5	iq mxiv
6	fewi
7	gs p i g s v



PMQ MNRK \$ZEPYIW

M \$ e g g s h e r g i \$ m l \$ i i \$ e f w s p x i \$ q e | m y q \$ v e x m k \$ w } w i q \$ M I G 578-2

W] Q F S P	TEVEQ IXIV	GSRHMXMSRW	Q NR 2	Q E \ 2	YRMK
Z _{GFS}	gs p i g s v i f e w i \$ z s p e k i FG 98: FG 98;	stir \$ i q m x i v	1 1	<4 94	Z Z
Z _{GIS}	gs p i g s v i q m x i v \$ z s p e k i FG 98: FG 98;	stir \$ f e w i	1 1	:9 89	Z Z
Z _{IFS}	iq m x i v i f e w i \$ z s p e k i FG 98: FG 98;	stir \$ g s p i g s v	1 1	: :	Z Z
M ₆	gs p i g s v \$ y w i r x \$ H G -		1	544	q E
M _{6Q}	t i e o \$ g s p i g s v \$ y w i r x		1	644	q E
M _{6O}	t i e o \$ f e w i \$ y w i r x		1	644	q E
T _{25x}	x s e p t s { i w \$ m w m t e x s r	X _{eq f} ~ 69 \$ G \$ r s x i 5	1	944	q [
X _{wk}	w s v e k i \$ i q t i v e x y v i		1:9	/594	\$G
X _n	n y r g x s r \$ i q t i v e x y v i		1	594	\$G
X _{eq f}	s t i v e x m k \$ e q f m r x \$ i q t i v e x y v i		1:9	/594	\$G

Rsxi

52 Xverwmxsw \$ q s y r x h \$ r \$ e r \$ J V 8 \$ t m r x i h g m y n f s e v h 2

RTR\$kiriv\$tyvtswi\$werwzsw

FG98:FG98;

XLIVQEP\$GLEVEGXIVWXMGW

W|Q FSP	TEVEQ IXIV	GSRHMKMRW	ZEPYI	YRMK
V_xl ne	xliq ep\$xiwzergi\$jsq \$yrgrsr\$se\$eq fmrx	rsxi 5	429	03 [

Rsxi

52 Xverwzsw\$y syrxih\$sr\$er\$JV8\$vxihlgymf\$sevh2

GLEVEGXIVWXMGW

XnA 69 \$G\$yriwz\$xliv\$wi\$wtigmih2

W|Q FSP	TEVEQ IXIV	GSRHMKMRW	Q MR 2	X] T2	QE \ 2	YRMK
M_SFS	gsmigsv\$ydxsjs\$ywirx	M_A 42Z_GF A 74 Z	1	1	59	rE
		M_A 42Z_GF A 74 Z \$X_nA 594 \$G	1	1	9	qE
M_SFS	iq \$xiw\$ydxsjs\$ywirx	M_A 42Z_IF A 9 Z	1	1	544	rE
l_JI	HG gywirx\$emr FG98:E FG98:F \$FG98;F FG98;G	M_A 54 qE \$Z_GI A 9 Z? wii Jntkw 607 erh 8	1	=4	1	
			1	594	1	
			1	6;4	1	
			554	5<4	664	
Z_GIwex	gsmigsvliq \$xiw\$wexvexsr zspeki	M_A 54 qE \$Z_A 429 qE	1	=4	694	q Z
		M_A 544 qE \$Z_A 9 qE	1	644	:44	q Z
		M_A 54 qE \$Z_A 429 qE \$rsxi 5	1	;44	1	q Z
		M_A 544 qE \$Z_A 9 qE \$rsxi 5	1	=44	1	q Z
Z_FIwex	fewiliq \$xiw\$wexvexsr\$zspeki	M_A 54 qE \$Z_A 429 qE \$rsxi 5	1	;44	1	q Z
		M_A 544 qE \$Z_A 9 qE \$rsxi 5	1	=44	1	q Z
Z_FI	fewiliq \$xiw\$zspeki	M_A 6 qE \$Z_GI A 9 Z \$rsxi 6	9<4	::4	;44	q Z
		M_A 54 qE \$Z_GI A 9 Z	1	1	; ;4	q Z
G_g	gsmigsv\$ydetegmergi	M_A m A 42Z_GF A 54 Z \$jA 5 Q L~	1	52	1	tJ
G_i	iq \$xiw\$ydetegmergi	M_A m A 42Z_IF A 429 Z \$jA 5 Q L~	1	55	1	tJ
i_k	xerwzsr\$yuiyirg}	M_A 54qE \$Z_GI A 9 Z \$jA 544 Q L~	544	1	1	Q L~
J	rswi\$kyvi	M_A 644 qE \$Z_GI A 9 Z? V_W A 6 o [\$jA 5 oL~ \$A 644 L~	1	6	54	hF

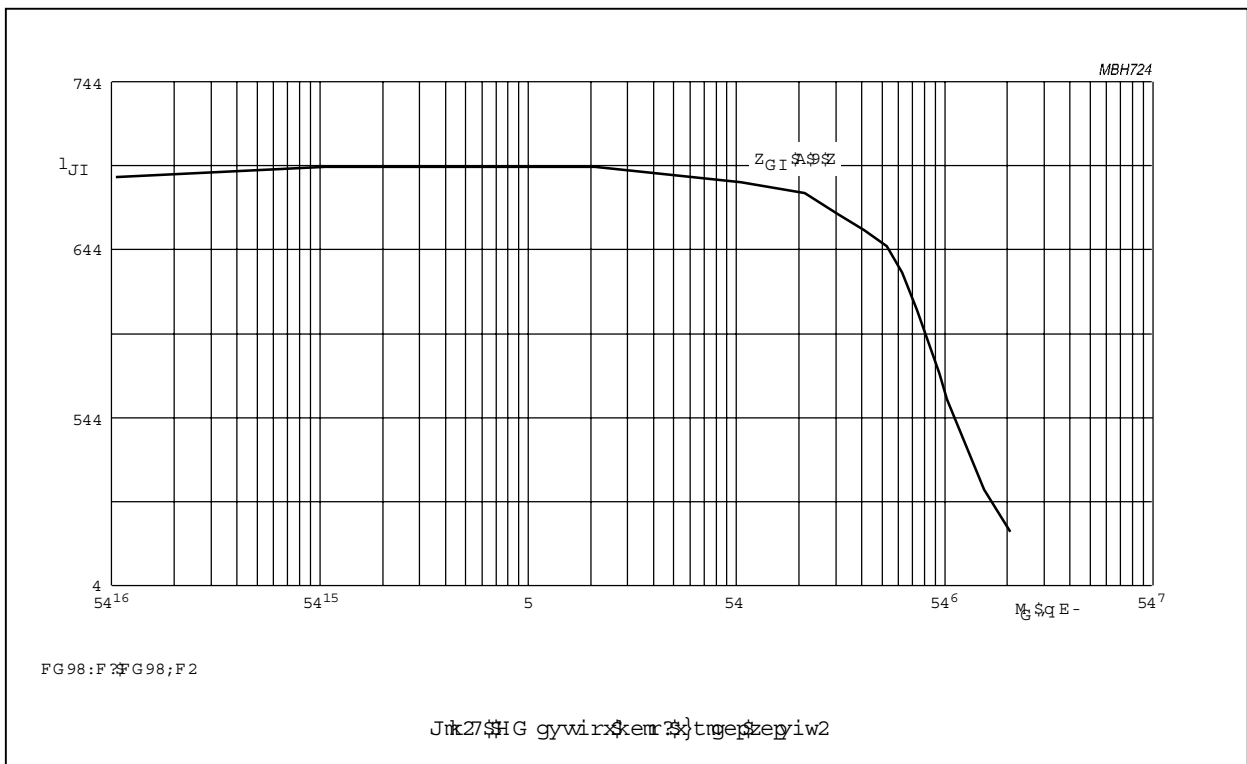
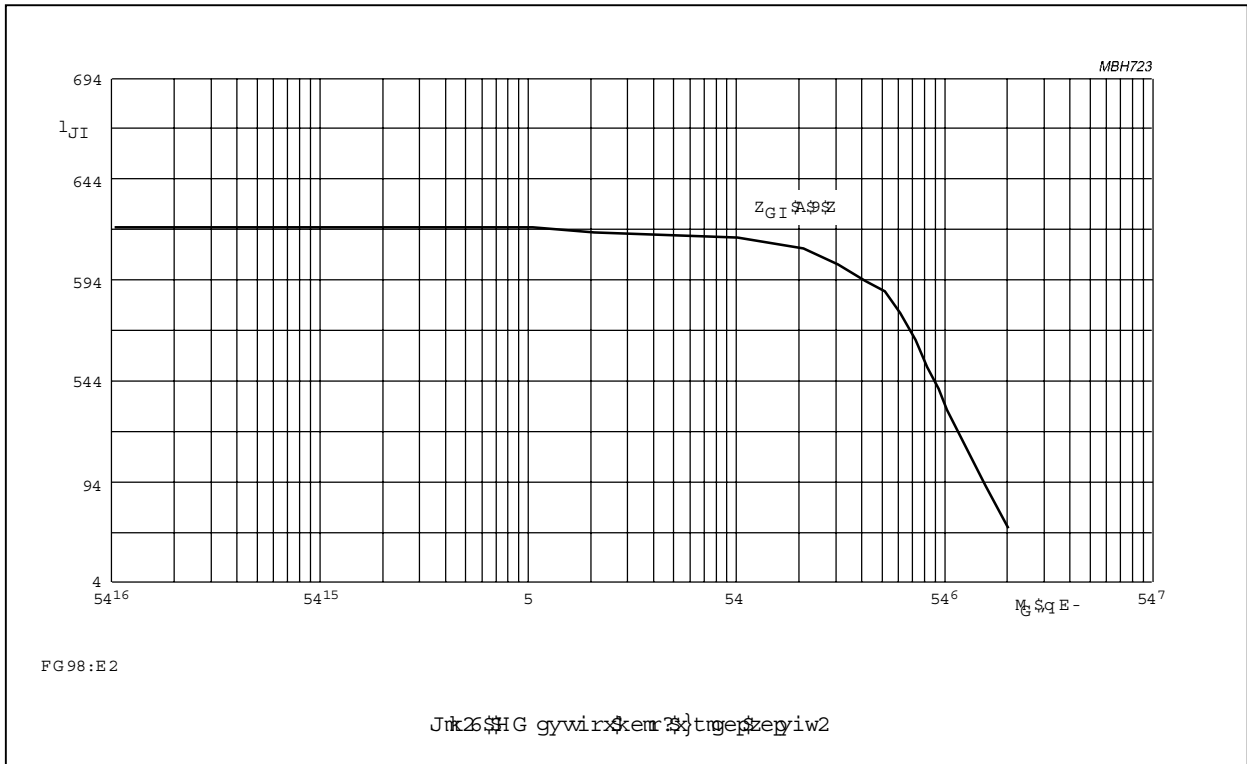
Rsxiw

52 Z_FIwex \$higviewiw\$} \$fsy\$52; q Z D \$ ml \$rgviewrks\$iq tivexvi2

62 Z_FI \$higviewiw\$} \$fsy\$6 q Z D \$ ml \$rgviewrks\$iq tivexvi2

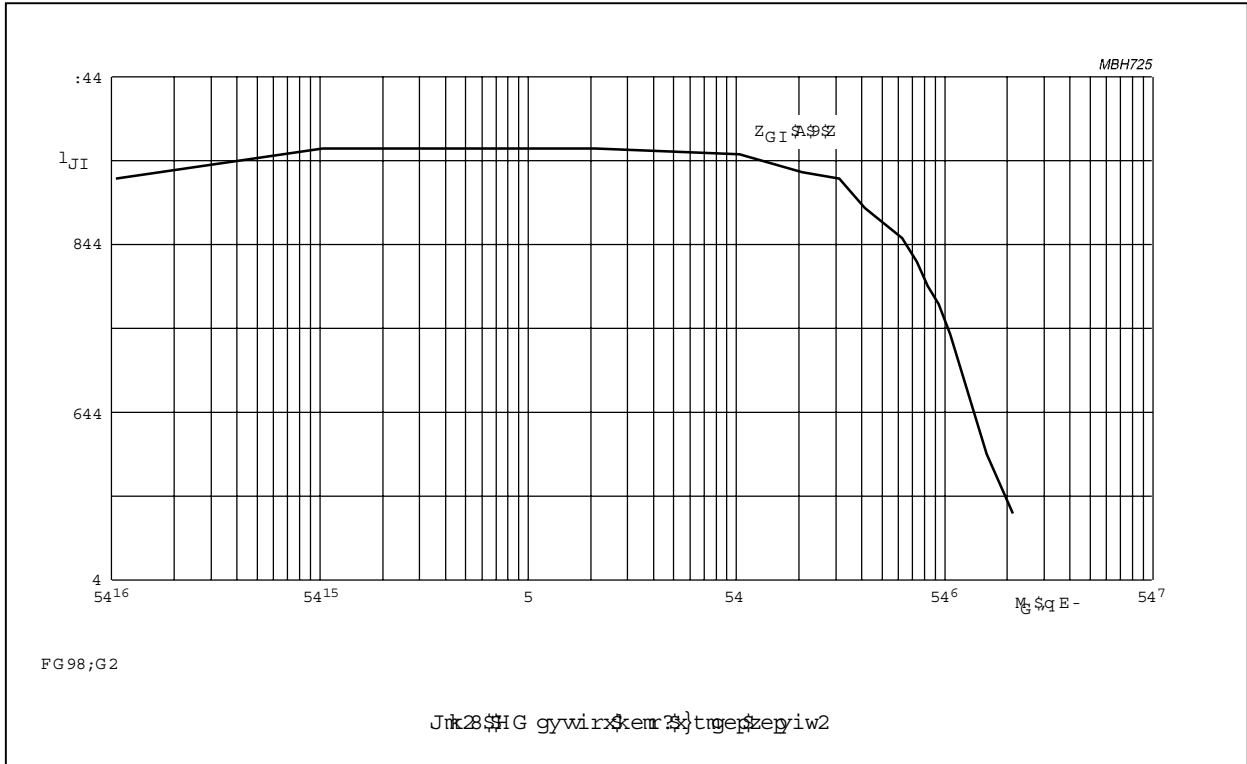
RTR\$kirve\$tyvtswi\$werwzsw

FG98:FG98;



RTR\$kirve\$tyvtswi\$werwzsw

FG 98: \$FG 98;



RTR\$kirivstytswi\$wvrvnwsw

FG 98: \$FG 98;

TEGOEKI\$YXPMRI

Tpewg\$wv kplirhih\$iehih\$xlvsykl\$spi-\$tegoeki\$7\$iehw

WS X98

4 62 98 q

wgepi

HMQ IRWMSRW\$qq \$vli\$di\$vkme\$hnq irwvsvr-

YRMA	E	f	f ₅	g	H	h	I	i	i ₅	P	P ₅ ⁵⁻
qq	925 924	428< 4284	42: 429:	4289 4284	82< 828	52; 528	825 72:	6298	526; 562;	5829 562;	629

R sxi

52\$wiq nre\$hnq irwvsvr\$ mdr\$dm\$-sri\$vi\$yrgsvr\$upih\$se\$ps { \$v\$js { \$st\$wv\$erh\$wiq nre\$hwikyevvwi2

SYXPMRI ZIVWMSR	\$VIJIVIRGIW				IYVSTIER TVSNIGXMSR	NWWYI\$HEXI
	\$MG	\$NIHIG	\$MEN			
\$WS X98		XS 1=6	WG 187			=; 14616<

RTR \$kiri vept yvtswi \$verwzsw

FG 98 : \$FG 98 ;

HIJMRKMS RW

Hexe\$Wliix\$Wexyw	
S frigrzi\$wtigm̄gexsr	Xlw\$hexe\$wliix\$srerw\$evix\$svksep\$wtigm̄gexsrw\$sv\$tvshyg\$ñizistq irx2
Tv\$pu nrev\$wtigm̄gexsr	Xlw\$hexe\$wliix\$srerw\$tv\$pu nrev\$hexe\$Wyttpiq irrev\$hexe\$e}\$fi\$tyf\$wliih\$exiv2
Tvshyg\$wtigm̄gexsr	Xlw\$hexe\$wliix\$srerw\$rept\$shyg\$wtigm̄gexsrw2
Pnq mark\$zeyiw	
Pnq mark\$zeyiw\$knzir\$evi\$sr\$eggs\$hergi\$ md \$di\$efwspxi \$e | nq yq \$Vexrk\$W}wxiq \$M G \$578-2\$wxiww\$efszisri\$sv q svi\$sdli\$pu mark\$zeyiw\$e}\$eywi\$tiq erir\$heq eki\$sdli\$ñizigi2\$Xliwi\$evi\$wxiww\$exrkw\$srp \$erh\$stivexsr s\$di\$ñizigi\$ex\$diwi\$sv\$exer}\$xliw\$srhmsrw\$efszisdi\$swi\$knzir\$sr\$di\$G levegxiw\$w\$w\$wigxsrw\$sdli\$wtigm̄gexsr w\$sv\$tu tpih\$T | tswyvi\$se\$pu mark\$zeyiw\$sv\$di | xirhih\$tiw\$hw\$e}\$e\$jiq\$ñizigi\$zi\$pe\$fnq}2	
Ett\$pgexsr\$srjsvq exsr	
[livi\$ett\$pgexsr\$srjsvq exsr\$w\$knzir\$Q\$w\$ehzswv}\$erh\$nsiw\$sv\$svq \$ev\$sdli\$wtigm̄gexsr2	

PNJI \$WYTTS VX\$ETTPMGEXMS RW

Xliwi\$tvshygw\$evi\$sv\$ñiwkrih\$sv\$wi\$sr\$ñji \$wyttsv\$ett\$pergiw\$ñizigiw\$sv\$w}wxiq w\$ { livi\$epjrgxsr\$sdliwi tvshygw\$ger\$ziwsvrefp}\$fi\$di | tigxih\$se\$wiyp\$sr\$tiwsvrep\$nyv}2\$Tlntw\$ywsq iw\$y\$w\$w\$sv\$w\$w\$diwi\$tvshygw\$sv ywi\$sr\$ygl\$ett\$pgexsrw\$ns\$sv\$ex\$diw\$ { r\$w\$erh\$ekviis\$sv\$y\$srhiq rñj}\$Tlntw\$sv\$er}\$heq ekiw\$ziw\$park\$svq \$ygl rñj tvstiv\$wi\$sv\$vepi2

