

# ALAT UKUR SELANG WAKTU DIGITAL UNTUK PENGUKURAN VISKOSITAS CAIRAN



UNIVERSITAS HASANUDDIN	
Tgl. terima	30 - 01 - 89
Asal dari	MIPA
Penyakit	1 ekh
Harga	Harding
No. inventaris	50 01 89
No. kas	

BIDAYATUL ARMYNAH

81 03 031

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN

1988

ALAT UKUR SELANG WAKTU DIGITAL  
UNTUK  
PENGUKURAN VISKOSITAS CAIRAN

Disetujui oleh :

Rebimbing Utama

( DR. Ir. Andi Mappadantji )

Nip: 130 686 677

Pembimbing Pertama

( Drs. Suarga, MSc )

Nip : 130 523 888

Pembimbing Kedua

( Drs. Arsyad Sumah )

Nip : 130 369 549

Pada tanggal,            September 1988

## A B S T R A C T

It had been constructed a device digital interval time, with range of measurement from 0 to 9999 second, and the accuracy 1 millisecond, using source of pulse of 1 KHz.

It's performance has been tested to measure the viscosity of transparent fluid and gives the satisfaction result.

Key Word : Viscosity, digital interval time.

## SARI BACAAN

Teilah berhasil direkayasa suatu alat ukur selang waktu digital yang mempunyai jangkauan pengukuran mulai dari 0 sampai 9999 detik, dengan ketelitian 1 milidetik jika menggunakan sumber pulsa segi empat 1 Khz.

Pengukuran viskositas cairan bening dengan menggunakan alat tersebut mampu memberikan hasil yang baik.

Kata Pustaka : Viskositas, alat ukur selang waktu digital.

## KATA PENGANTAR

111

Kami panjatkan puji dan syukur ke Hadirat Allah Subhanahu Wataala, oleh karena berkat dan rahmatNya sehingga tugas akhir ini kami selesaikan, untuk memenuhi salah satu syarat didalam menempuh ujian sarjana lengkap sebagai bagian dari kurikulum pada jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Untuk memenuhi maksud tersebut, maka kami telah menyusun tugas akhir ini dengan judul :

" ALAT UKUR SELANG WAKTU DIGITAL UNTUK PENGUKURAN VISKOSITAS CAIRAN "

Dalam penyelesaian tugas akhir ini tak lupa kami mengucapkan banyak terima kasih atas segala bantuannya kepada berbagai pihak sebagai berikut:

Bapak DR. Ir. A. MAPPADJANTJI, Bapak Drs. M. SUARGA Msc, Bapak Drs. ARSYAD SUMAH, masing-masing sebagai pembimbing utama, pembimbing I, pembimbing II, yang telah membimbing dan mengarahkan kami kearah penyelesaian tugas akhir ini.

Bapak dan ibu dosen yang membimbing kami selama menyelesaikan study di jurusan fisika.

Rekan - rekan mahasiswa jurusan fisika, seluruh staf dan karyawan laboratorium Fisika, dan kepada kedua orang tua tercinta serta saudara - saudara yang telah memberikan bantuan moril maupun materil serta semangat kepada Kami.

Kami menyadari bahwa banyak kekurangan dalam tulisan yang sederhana ini, disebabkan kemampuan yang masih sangat terbatas untuk membuat tulisan ilmiah. Olehnya itu saran - saran dari bapak dan ibu dosen serta para pembaca sangat Kami harapkan sehingga penulisan ini dapat mengarah kepada suatu perbaikan yang lebih sempurna untuk dikembangkan lebih lanjut.

Ujung Pandang, Juli 1988

Penulis,

BIDAYATUL ARMYNAH

8103031

# DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
SARI BACAAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
I. 1 Latar Belakang	1
I. 2 Tujuan	2
I. 3 Ruang Lingkup	2
I. 4 Sistematika	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II. 1 Prinsip Dasar Alat Ukur Selang Waktu Digital Untuk Pengukuran Viskositas Cairan	5
II. 2 Detektor	6
II. 3 Pemicu Schmitt	9
II. 4 Dasar-Dasar Rangkaian Flip-Flop	12
II. 5 Dasar-Dasar Rangkaian Pencacah	14
II. 6 Multivibrator Sebagai Sumber Pulsa	17
II. 7 Perhitungan Viskositas Cairan Untuk Metode Sistem Bola Jatuh.	19

BAB III	METODOLOGI	23
	III.1 Rancang Bangun Sistem	23
	III.2 Rangkaian Flip-Flop	25
	III.3 Rangkaian Pengontrol Logika	25
	III.4 Rangkaian Generator Pulsa	26
	III.5 Rangkaian Pencacah	27
	III.6 Rangkaian Catu Daya	28
	III.7 Rangkaian Lengkap	29
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	32
	IV.1 Pengukuran Viskositas Cairan	32
	IV.2 Analisis Data	33
	IV.3 Hasil Perhitungan Viskositas Cairan Gliserin	34
BAB V	SIMPULAN DAN SARAN	35
	V.1 Simpulan	35
	V.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		



# DAFTAR GAMBAR

GAMBAR		Halaman
II. 1	Blok Diagram Alat Ukur Selang Waktu Digital untuk pengukuran Viskositas Cairan.	6
II. 2	Rangkaian Pemicu Schmitt dari Komponen Transistor	9
II. 3	Karakteristik Pemicu Schmitt	11
II. 4a	Flip-Flop tidak sempurna	13
II. 4b	Flip-Flop SR	13
II. 5a	Flip-Flop SR Terpadu	14
II. 5b	Kondisi Masukan Keluaran Flip-Flop SR	14
II. 6	Pencacah Binary Code Desimal	15
II. 7	Rangkaian Multivibrator Astabil Terpadu	17
II. 8	Rangkaian dalam dari IC 555 dengan komponen tambahan serta gelombang yang dihasilkan.	18
II. 9	Bola jatuh dalam cairan	20
III. 1	Rangkaian Detektor	23
III. 2	Masukan/ Keluaran IC 7414	25
III. 3	Rangkaian Flip-Flop	25

III. 4	Rangkaian Pengontrol Logika	26
III. 5	Rangkaian Generator Pulsa	26
III. 6	Rangkaian Pencacah	27
III. 7	Rangkaian Catu Daya +5 Volt dan + 15 Volt	29
III. 8	Rangkaian Lengkap	31

## DAFTAR TABEL

halaman

Tabel IV.1	Hasil pengukuran unjuk kerja alat ukur selang waktu digital	32
Tabel IV.2	Hasil perhitungan viskositas cairan gliserin	34

## B A B I

## P E N D A H U L U A N

## 1 L A T A R B E L A K A N G

Pada masa ini perkembangan bidang teknologi khususnya elektronika digital semakin pesat, membuktikan adanya usaha mencapai kualitas semaksimal mungkin. Pengembangan kualitas dengan penerapan sistem digital mendapat perhatian khusus, oleh karena keunggulan yang dimiliki sistem lebih besar dibandingkan dengan sistem konvensional.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tersebut, maka dewasa ini alat yang menggunakan prinsip digital semakin banyak digunakan. Atas dasar itulah maka timbul gagasan untuk mewujudkan suatu alat ukur untuk mengukur selang waktu digital.

Alat ukur selang waktu digital pada prinsipnya sama dengan stopwatch, yang membedakannya adalah pada pembacaan skalanya, yaitu pada alat ukur selang waktu digital, ketelitian pembacaan terjamin karena hasil pengukuran secara langsung diperagakan dalam bentuk angka desimal.

Dengan dibuatnya alat ukur selang waktu digital ini,

maka pengukuran pengukuran pada praktikum yang dilakukan di Laboratorium maupun dilapangan akan menjadi relatif lebih mudah dilakukan.

## 2 TUJUAN

1. Merekayasa peralatan alat ukur selang waktu digital
2. Menganalisis unjuk kerja dari peralatan tersebut untuk pengukuran viskositas cairan.

## 3 RUANG LINGKUP

Dalam tulisan ini, cakupan masalah berkisar pada pembahasan mengenai alat ukur selang waktu digital untuk pengukuran viskositas cairan. Pembahasan terbatas pada prinsip dasar, prinsip kerja dan realisasi rangkaian yang membentuk rangkaian alat ukur selang waktu digital untuk pengukuran viskositas cairan, serta penelitian mengenai unjuk kerja dari alat ukur tersebut untuk pengukuran viskositas cairan.

Sebagian besar rangkaian pembentuk alat ukur selang waktu digital untuk pengukuran viskositas cairan ini berupa rangkaian terpadu ( Integrated Circuit )

yang dibentuk dengan teknologi yang lebih rumit, oleh sebab itu dalam pembahasan ini tidak diuraikan masalah pembuatan piranti tersebut. Pembahasan mengenai rangkaian terpadu hanya terbatas pada aplikasi dan penyelesaian bagian-bagian dari beberapa piranti yang digunakan.

#### 4. SISTIMATIKA

Sistimatika penulisan ini adalah sebagai berikut :

BAB I Merupakan pendahuluan yang menggambarkan bentuk umum sebelum memasuki pokok bahasan sebenarnya. Bentuk umum tersebut meliputi latar belakang, tujuan, ruang lingkup dan sistimatika penulisan.

BAB II Membahas mengenai prinsip dasar alat ukur selang waktu digital untuk pengukuran viskositas cairan, pokok-pokok uraian meliputi Detektor, Pemicu Schmitt, Dasar-dasar rangkaian flip-flop, Dasar-dasar rangkaian pencacah, Multivibrator sebagai sumber pulsa, dan perhitungan viskositas cairan untuk sistem bola jatuh.

BAB III Merupakan pembahasan mengenai prinsip kerja dan realisasi rangkaian dari alat ukur selang waktu digital untuk pengukuran vis-

kositas cairan. Pokok-pokok uraiannya meliputi rangkaian detektor, rangkaian flip-flop, rangkaian pengontrol logika (AND).Rangkaian generator pulsa , rangkaian pencacah , rangkaian catu daya dan rangkaian lengkap.

**BAB IV** Membahas tentang hasil dan bahasan. Pokok-pokok uraian dalam bab ini meliputi unjuk kerja dari alat tersebut untuk pengukuran viskositas cairan dan analisis data.

**BAB V** Merupakan bab terakhir yang berisi simpulan dan saran-saran.

Selain lima bab pokok bahasan, terdapat tambahan pada awal tulisan dan akhir tulisan ini. Tambahan pada awal tulisan berupa sari bacaan, kata pengantar, daftar isi, daftar gambar, daftar tabel. Pada akhir tulisan terdapat tambahan berupa daftar pustaka, lampiran mengenai daftar harga, daftar komponen, gambar PCB photo panel depan dan photo panel dalam alat ukur selang waktu digital untuk pengukuran viskositas cairan yang diwujudkan.

## B A B II

## T I N J A U A N P U S T A K A

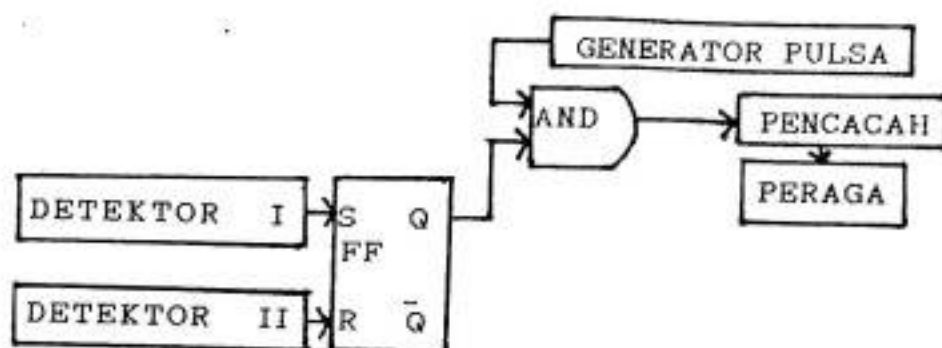
## II.1. PRINSIP DASAR ALAT UKUR SELANG WAKTU DIGITAL UNTUK PENGUKURAN VISKOSITAS CAIRAN.

Untuk mengukur kecepatan bola jatuh dalam cairan dapat ditempuh dengan cara menghitung waktu yang diperlukan untuk melewati jarak antara dua buah detektor foto. Kedua detektor tersebut dihubungkan dengan sebuah flip-flop SR. Detektor I dengan masukan S dan detektor II dengan masukan R, keluaran Q dari flip-flop ini dihubungkan dengan sebuah gerbang logika AND bersama-sama dengan sebuah sumber pulsa yang frekuensinya diketahui.

Pada saat bola melewati detektor I maka  $Q = 1$ , sehingga pencacah mulai mencacah banyaknya pulsa yang berasal dari sumber pulsa (generator pulsa), cacahan berlangsung terus sampai saat bola melewati detektor II pada saat mana  $Q = 0$ , sehingga pencacahan berhenti. Misalkan pulsa yang tercatat adalah  $n$ , maka selang waktu yang dipergunakan oleh bola adalah  $t = n/f$ , dimana  $f$  adalah frekuensi generator pulsa.



Dalam blok diagram sebagai berikut :



Gambar II-1. Blok diagram alat ukur selang waktu digital untuk pengukuran viskositas cairan.

## II.2. DETEKTOR

Dalam sistem instrumentasi detektor sangat memegang peranan. Hal ini tidak terlepas dari fungsi detektor yang dapat dipandang sebagai indra manusia. Detektor yang mengetahui apakah keluaran sistem sesuai dengan yang diharapkan atau tidak. Dalam aplikasinya lebih sering berfungsi sebagai transduser.

Transduser sebagai alat untuk mengubah energi dari satu bentuk menjadi bentuk yang lain, jenis transduser ada 2 (dua), yaitu transduser aktif dan transduser pasif. Transduser aktif memerlukan sumber daya pembangkit yang akan memberikan energi luaran, dan transduser pasif adalah transduser yang

tidak memerlukan daya dari luar, energi luaran diperoleh seluruhnya dari energi input (1).

Dalam sistem rancang bangun ini dipergunakan transduser aktif yaitu komponen elektronik yang dapat mengetahui bila terjadi perubahan intensitas cahaya, sehubungan dengan ini transduser yang dipergunakan adalah LDR (Light Dependent Resistor) yang terbuat dari materi Cadmium Sulfida, yang tahanan listriknya semakin kecil bila dikenai cahaya. Prinsip kerjanya sangat bergantung pada arah arus dan dapat dikendalikan dengan arus searah dan arus bolak-balik.

Beberapa karakteristik dari LDR :

- Kepekaan spektral : Selain pada detektor infra merah khusus didapatkan batas kepekaan LDR antara 500 nm - 750 nm. Harga maksimum dari LDR biasa dicapai pada sekitar 600 nm. Daerah ini adalah daerah kuning orange pada

spektrum tampak.

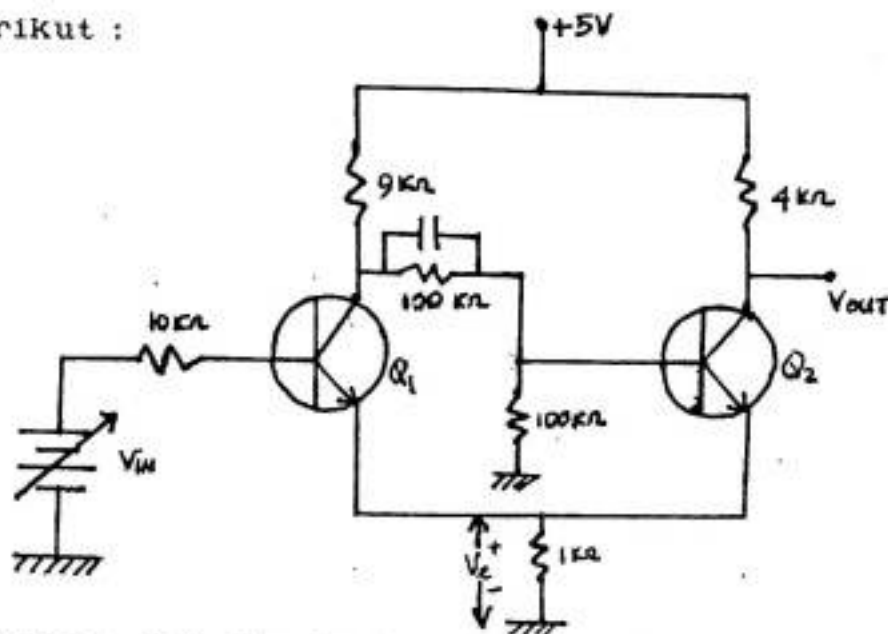
- Kehilangan daya akibat suhu :  
Temperatur maksimum dari Kristal yang diizinkan adalah pada  $70^{\circ}$  C.
- Tegangan kerja :  
Ada LDR yang bekerja pada 220 volt. Secara umum batas kerja suatu LDR adalah 20 - 300 volt.
- Respon tahanan dalam kegelapan :  
Jika suatu LDR dimasukkan dalam ruangan yang gelap, maka dalam waktu 30 menit nilai tahanan dari LDR dapat mencapai 200 Mohm. Hal lain yang perlu diperhatikan bahwa tahanan tersebut akan berubah dengan cepat dalam waktu 20 - 30 detik yang pertama setelah cahaya di-tiadakan.
- Respon tahanan terhadap intensitas cahaya :  
Tahanan pada 1000 Lux mencapai nilai 50 - 400 ohm. Untuk 50 Lux terlertak anta-

ra 50 - 75 Kohm, tergantung jenisnya.

### II.3. PEMICU SCHMITT

Pada dasarnya pemacu Schmitt merupakan multivibrator yang memiliki luaran dengan 2 (dua) keadaan stabil. Secara konvensional, rangkaian ini terbentuk dari rangkaian transistor dan setelah perkembangan teknologi, maka rangkaian tersebut dibentuk secara terpadu dalam kemasan IC.

Rangkaian pemacu Schmitt dari komponen transistor (lihat Gambar II-2), prinsip kerjanya sebagai berikut :



Gambar II-2. Rangkaian pemacu Schmitt dari komponen transistor.

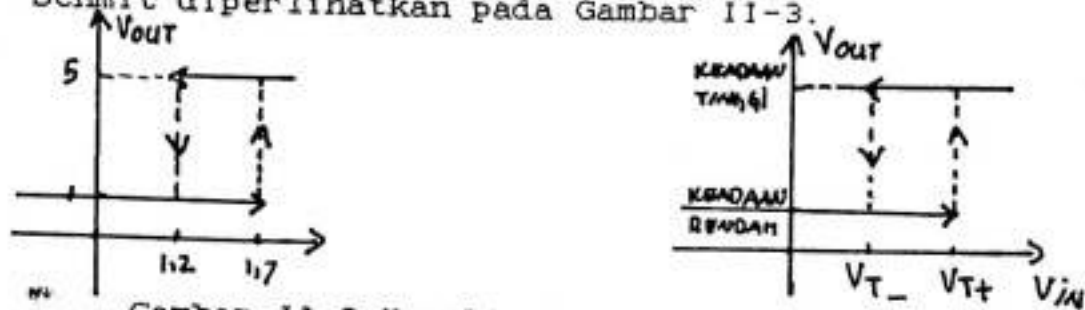
Bila tegangan masukan  $V_{in} = 0$ , transistor  $Q_1$  tidak menghantar atau OFF. Bila tegangan  $V_{cc}$  diberikan, maka tegangan ini akan menimbulkan adanya arus yang mengalir ke rangkaian pembagi tegangan (tahanan-

tahanan 100 Kohm). Akibatnya, basis dari transistor  $Q_2$  memperoleh arus sehingga transistor  $Q_2$  menghantar atau ON. Dengan demikian, kolektor dan emiter  $Q_2$  secara efektif terhubung singkat. Pada keadaan ini, tegangan antara emiter dan tanah adalah 1 volt. Tegangan ini merupakan tegangan luaran dari rangkaian pemacu Schmitt dan dinyatakan sebagai keadaan stabil pertama. Keadaan ini bertahan untuk harga  $V_{in}$  lebih kecil dari 1,7 volt. Bila harga 1,7 volt terlampaui, maka tegangan  $V_{BE}$  dari  $Q_1$  melampaui harga 0,7 volt dan cukup untuk meng-ONkan transistor  $Q_1$ , sebagai akibatnya tegangan pada kolektor  $Q_1$  menurun dan kapasitor menggandengkan jatuhnya tegangan tersebut ke basis  $Q_2$ .

Dengan demikian transistor  $Q_2$  mendapat tegangan mundur pada basisnya sehingga berhenti menghantar (OFF). Tegangan keluaran pemacu Schmitt sama dengan tegangan  $V_{CC}$  (keadaan stabil kedua). Oleh karena  $Q_2$  tidak menghantar, keadaan kedua ini akan tetap bertahan walaupun tegangan  $V_{in}$  dinaikkan.

Untuk mengembalikan pemacu schmitt ke keadaan semula (keadaan stabil pertama), satu-satunya cara adalah dengan menurunkan tegangan  $V_{in}$ . Transistor  $Q_1$  akan OFF bila  $V_{in}$  mencapai harga kurang dari 0,7 volt (tegangan  $V_e$  pada saat  $Q_1$  ON adalah 0,5 volt >

Secara grafik, perubahan keadaan luaran pemacu - Schmitt diperlihatkan pada Gambar II-3.



Gambar II-3 Karakteristik Pemacu Schmitt

Pada Gambar II.3, tegangan luaran adalah salah satu diantara 1 volt atau 5 volt. Keadaan ini dinyatakan sebagai logika 0 dan logika 1, nilai  $V_{in}$  yang mengakibatkan luaran meloncat dari keadaan rendah ke keadaan tinggi disebut tegangan ambang menuju positif yang dilambangkan sebagai  $V_{T+}$ . Demikian pula,  $V_{in}$  mengakibatkan luaran berpindah dari keadaan tinggi ke keadaan rendah disebut tegangan ambang menuju negatif yang dilambangkan sebagai  $V_{T-}$ . Pada Gambar II-3, terlihat bahwa luaran pemacu Schmitt merupakan gelombang segi empat dengan pinggiran naik dan pinggiran turun yang sangat tajam. Pinggiran pulsa yang demikian sangat dibutuhkan pada rangkaian yang bekerja secara digital. Hal itu disebabkan oleh waktu perambatan dari komponen digital yang sangat cepat [ 2 ].

Perkembangan lebih lanjut menggunakan piranti IC sebagai pemacu schmitt. Dasar dari rangkaianannya

adalah sama dengan pemacu Schmitt dari rangkaian transistor, hanya pada IC komponen-komponen pembentuknya sudah disusun secara integrasi.

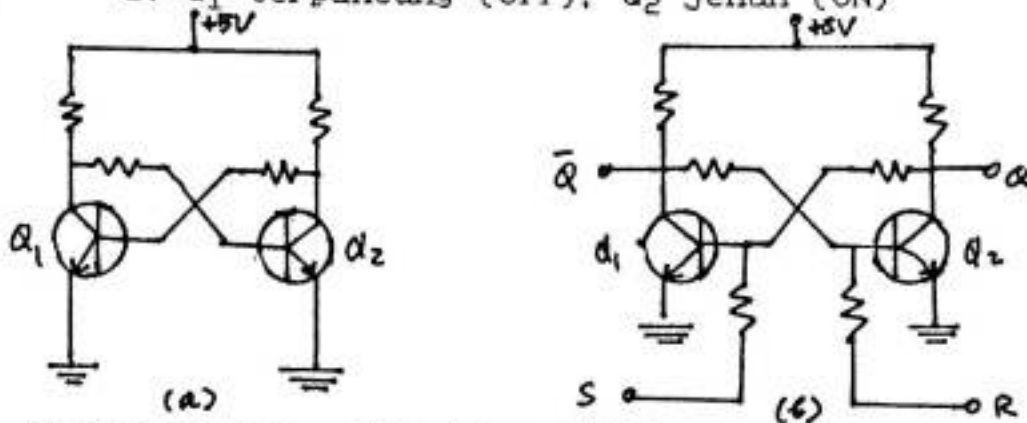
Secara komersial, rangkaian pemacu Schmitt dari piranti IC banyak tersedia dipasaran. Salah satu IC pemacu Schmitt dari type TTL adalah SN 7414 yang merupakan inverter dari pemacu Schmitt.

#### II.4 DASAR-DASAR RANGKAIAN FLIP-FLOP

Flip-flop adalah nama lain dari multivibrator bistabil, yakni multivibrator yang luarannya adalah suatu tegangan rendah atau tinggi, yaitu 0 dan 1. Keluaran ini tetap rendah atau tinggi, untuk mengubah rangkaian harus dikemudi oleh suatu masukan yang disebut pemacu. Sampai datangnya pemacu, tegangan luaran akan tetap rendah atau tinggi untuk selang waktu yang terbatas. Pada rancang bangun ini dipergunakan flip-flop SR. Perhatikan Gambar II-4a, gandengan silang dari masing-masing kolektor basis pada sisi yang berlawanan menghasilkan umpan balik positif. Oleh sebab itu bila  $Q_1$  jenuh, tegangan kolektor  $Q_1$  yang rendah akan mendorong  $Q_2$  ke keadaan terpancung. Demikian pula bila pada suatu saat  $Q_1$  jenuh, maka transistor  $Q_2$  akan mendorong  $Q_1$  ke keadaan terpancung. Maka terdapat dua keadaan kerja stabil yaitu :

1.  $Q_1$  Jenuh (ON),  $Q_2$  terpancung (OFF)

2.  $Q_1$  terpancung (OFF),  $Q_2$  Jenuh (ON)

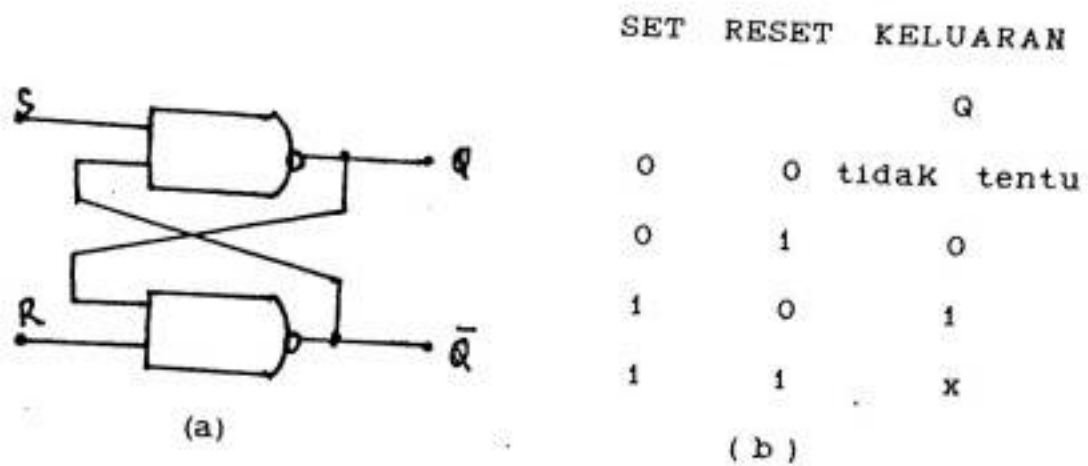


Gambar II.4 a. Flip-flop tidak sempurna  
b. Flip-flop SR

Untuk mengendalikan keadaan suatu flip-flop, harus ditambahkan masukan-masukan pemicu seperti terlihat pada Gambar II-4b. Jika suatu tegangan tinggi diterapkan pada masukan Set(S), maka  $Q_1$  jenuh, hal ini mendorong  $Q_2$  ke keadaan terpancung. Setelah  $Q_1$  jenuh dan  $Q_2$  terpancung, pemicu pada masukan S dapat dihilangkan. Demikian pula, suatu tegangan tinggi dapat diterapkan pada masukan R (Reset), maka  $Q_2$  jenuh dan mendorong  $Q_1$  ke keadaan terpancung. Menerapkan suatu tegangan tinggi pada masukan S disebut mengeset flip-flop dan menghasilkan luaran biner  $Q = 1$ . Sebaliknya, menerapkan tegangan tinggi pada masukan R disebut mereset flip-flop dan menghasilkan luaran biner  $Q$  sama dengan 0. [ 3 ]



Pada rancang bangun ini dipergunakan flip-flop S R terpadu yang disusun seri dari dua gerbang NAND seperti terlihat pada Gambar II-5.



Gambar II.5 a. Flip-flop S R terpadu  
b. Kondisi masukan-luaran flip-flop S R

## II.5 DASAR-DASAR RANGKAIAN PENCACAH

Pembentukan suatu pencacah secara umum berdasarkan pada jumlah hitungan yang akan dilakukan oleh rangkaian pencacah tersebut.

Jenis-jenis pencacah antara lain :

1. Pencacah biner yaitu pencacah yang sanggup mencacah sampai  $2^n$  kali, dimana  $n = 1, 2, 3, \dots$  dan seterusnya.

Pencacah biner dapat disusun dalam beberapa susunan antara lain:

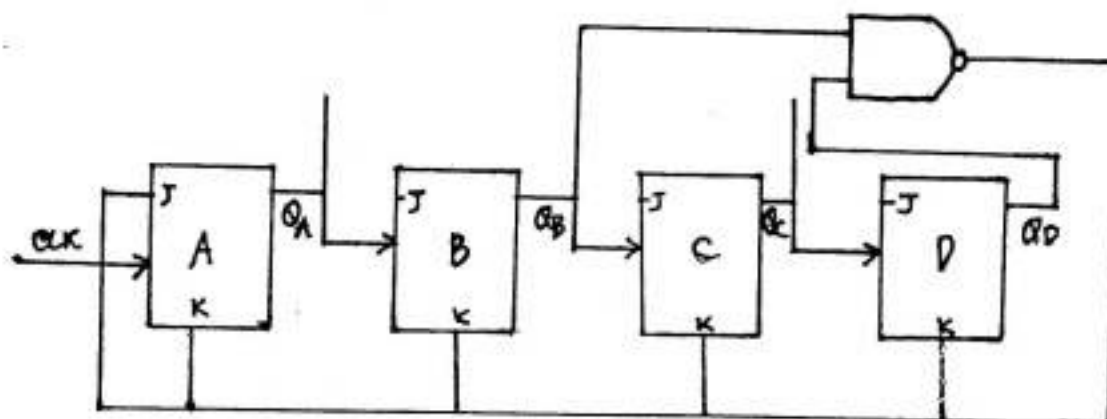
- a. Pencacah sinkron yaitu luaran flip-flop

yang digunakan bergulingan secara serempak. Hal ini disebabkan karena masing-masing flip-flop tersebut dikendalikan secara serempak oleh pulsa clock.

- b. Pencacah tidak sinkron yaitu luaran masing-masing flip-flop yang digunakan akan bergulingan ( berubah kondisi dari 0 ke 1 dan sebaliknya ) secara berurutan atau langkah demi langkah. Hal ini disebabkan karena hanya flip-flop yang paling ujung saja yang dikendalikan oleh pulsa clock, sedangkan pulsa clock untuk flip-flop lainnya diperoleh dari masing-masing flip-flop sebelumnya.

## 2. Pencacah BCD ( Binary Code Desimal )

Pencacah yang dapat mencacah sampai 10 kali, dan sering disebut pencacah berskala 10.



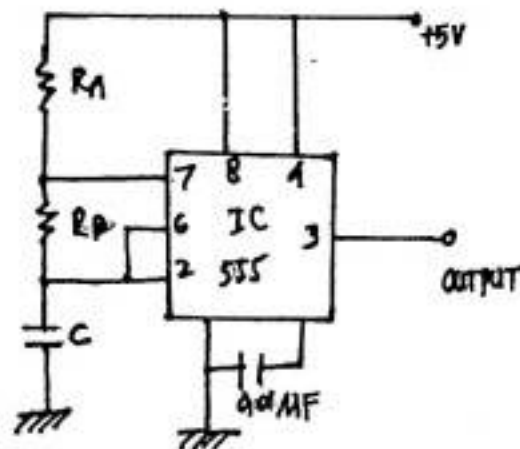
Gambar II-6. Pencacah BCD ( Binary Code Desimal )

Pada gambar II-6, diperlihatkan sebuah gerbang AND yang dihubungkan sedemikian rupa dimana kedua masukannya diperoleh dari  $Q_D$  dan  $Q_B$ , sedangkan luarannya dihubungkan ke semua jalan masuk dari ke empat flip-flop. Masing-masing luaran flip-flop akan menjadi "0". Hal ini akan terjadi bila kedua masukan gerbang NAND  $Q_D = 1$  dan  $Q_B = 1$ , maka ketiga rangkaian tersebut menghitung : 0000, 0001, 1001, dan hitungan berikutnya: 1010 tidak diizinkan muncul karena sesaat kemudian ( dalam nano detik ) semua flip-flop akan menjadi nol. Hal itu terjadi karena pada bilangan : 1010 tersebut  $Q_D = 1$  dan  $Q_B = 1$ , sehingga luaran gerbang NAND adalah nol.  $\left[ 4 \right]$ .

Dengan demikian setelah hitungan ke sembilan 1001, rangkaian tersebut akan kembali menghitung 0000 (berulang kembali ). Salah satu IC yang dirancang sebagai pencacah BCD adalah SN 7490, diproduksi oleh Texas Instrument dari rumpun IC TTL.

## II.6 MULTIVIBRATOR SEBAGAI SUMBER PULSA

Alat ukur selang waktu digital untuk pengukuran viskositas cairan yang dirancang menggunakan sumber pulsa internal, sebagai sumber pulsa internal dipergunakan sebuah " Multivibrator Astabil " dengan frekwensi 1 Khz. Multivibrator astabil dapat dibentuk dari rangkaian terpadu (IC) biasanya menggunakan komponen pewaktu ( timer ). Untuk mengoperasikannya sebagai multivibrator astabil ( lihat Gambar II-7 ), diperlukan tambahan komponen eksternal.



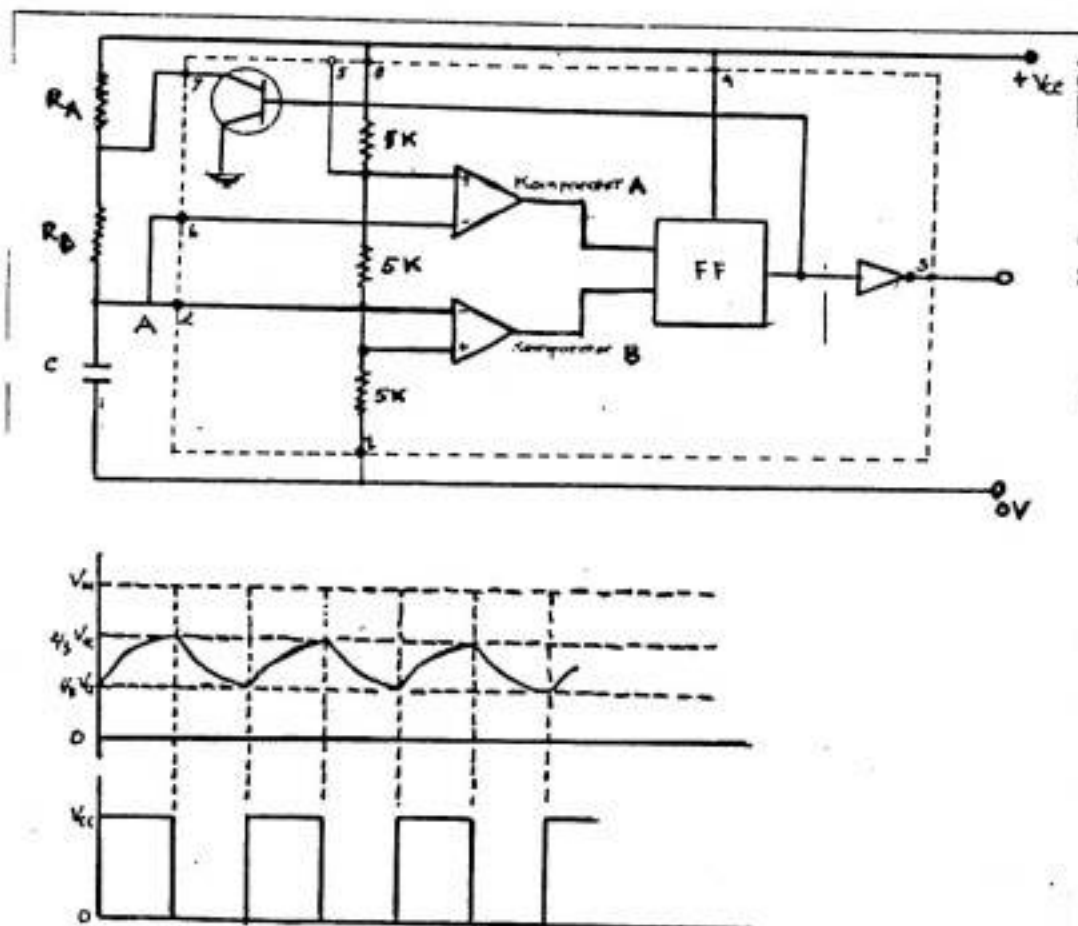
Gambar II-7 Rangkaian Multivibrator Astabil Terpadu

Merubah besaran komponen eksternal menyebabkan perubahan frekuensi osilasi dari luaran rangkaian. Bekerjanya berdasarkan pada pengisian dan pelepasan muatan kapasitor.

Bagian dalam dari IC timer 555 terdiri dari tiga buah resistor masing-masing terkalibrasi 5 Kohm

sebagai pembanding tegangan, sebuah flip-flop, sebuah transistor dan luaran buffer, selain itu terdapat pula dua buah komparator yang tersusun keseluruhannya secara terpadu.

Komponen-komponen tambahan sangat sedikit untuk Multivibrator Astabil ini, dan dihubungkan diantara



Gambar II-8. Rangkaian dalam dari IC 555 dengan komponen tambahan serta gelombang yang dihasilkan.

Perhatikan gambar II-8, kapasitor C mengisi melalui tahanan ( $R_A + R_B$ ). Bila tegangan pada kapasitor

C mencapai  $\frac{2}{3} V_{CC}$  maka komparator A akan mereset flip-flop, sehingga luaran menjadi rendah dan transistor pelepas muatan bekerja melepaskan muatan kapasitor C melalui tahanan  $R_B$ . Oleh karena kapasitor C juga dihubungkan dengan masukan picu, maka bila tegangan pada kapasitor C telah turun mencapai harga  $\frac{1}{3} V_{CC}$ , komparator B akan menset flip-flop kembali, sehingga transistor pelepas muatan terbuka ( tidak menghantar ) dan kapasitor C mulai terisi lagi melalui tahanan  $( R_A + R_B )$ . Dengan demikian keadaan berjalan seperti semula secara terus menerus. [ 5 ]

Tegangan pada kapasitor C bervariasi antara  $\frac{1}{3} V_{CC}$  sampai  $\frac{2}{3} V_{CC}$  dan bentuk gelombangnya seperti diperlihatkan pada gambar II-8..

Frekuensi osilasi dari Multivibrator Astabil dari IC 555 besarnya dapat diatur berdasarkan rumus :

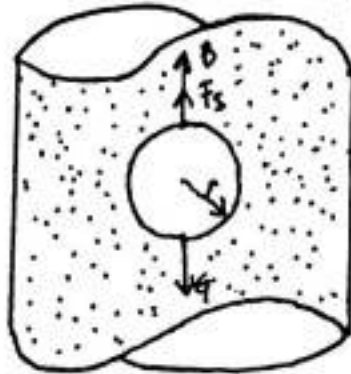
$$f = \frac{1,44}{( R_A + 2 R_B ) C} \dots\dots\dots (II.1)$$

## II.7 PERHITUNGAN VISKOSITAS CAIRAN UNTUK METODE SISTEM BOLA JATUH

Bila suatu benda bergerak dalam suatu cairan maka mengalami geseran. Gaya geseran tersebut tergantung

pada viskositas cairan, Kecepatan benda dan bentuk benda.

Untuk benda berbentuk bola, faktor bentuk ini diwakili oleh jari-jari bola. Perhatikan bola jatuh dalam cairan seperti terlihat dalam Gambar II-9.



Gambar II-9. Bola jatuh dalam cairan

Dalam hal ini persamaan gerak sistem dapat ditulis sebagai berikut :

$$F = m \, dv/dt = -(\text{ gaya berat bola } ) - (\text{ gaya Archimedes } ) - (\text{ gaya Stokes } )$$

$$\frac{4}{3} \pi r^3 \, dv/dt = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho g - \frac{4}{3} \pi r^3 \rho g - 6\pi\eta r v \dots \dots \dots \quad \text{II.2}$$

Jadi persamaan (II.2) dieliminir, maka akan diperoleh:

$$\frac{dv}{(1 - \rho_0/\rho)g - 9\eta v / 2r^2} = dt$$

Dengan mengintegrasikan kedua belah ruas, akan diperoleh :

$$\ln(1 - \int_0^v) g - 9n v / 2r^2 + c = -9nt / 2r^2 \dots (11.3a)$$

Misalkan pada saat  $t = 0$  bola itu jatuh bebas saja (yakni  $v = 0$ ) maka diperoleh :

$$c = -\ln(1 - \int_0^v) g$$

Dengan demikian persamaan (11.3a) dapat ditulis menjadi :

$$\ln \frac{(1 - \int_0^v) g - 9n v / 2r^2}{(1 - \int_0^v) g} = -9nt / 2r^2$$

atau

$$v = \frac{2r^2 (\int - \int_0) g}{9n} \left[ 1 - e^{-9nt / 2r^2} \right] \quad (11.3b)$$

Akhirnya untuk waktu  $t$  sudah berlangsung lama, yakni setelah terjadi keseimbangan diantara gaya-gaya yang bekerja, maka faktor eksponensial  $(-9nt / 2r^2)$  dapat diabaikan.

Karena kesetimbangan dengan cepat dapat dicapai bila  $n$  besar atau  $r$  cukup kecil. Dengan demikian rumus (11.3b) setelah terjadi kesetimbangan, dapat ditulis sebagai berikut :

$$v = \frac{2r^2 (\int - \int_0) g}{9n} \dots \dots \dots (11.3c)$$



atau

$$\eta = \frac{2 T r^2 (\rho - \rho_0) g}{9 d} \dots \dots \dots (11.3d)$$

Rumus 11.3c menyatakan kecepatan bola jatuh dalam cairan setelah terjadi kesetimbangan. Dengan syarat bahwa bola yang jatuh harus pejal dengan massa jenis  $\rho > \rho_0$  (massa jenis bola harus lebih besar daripada massa jenis fluida). [ 6 ]

Untuk perhitungan viskositas cairan dipergunakan rumus (2.2d) dimana :

T adalah waktu yang diperlukan bola untuk menempuh jarak d

d adalah jarak yang ditempuh bola

r adalah jari-jari bola

$\rho$  adalah kerapatan bola

$\rho_0$  adalah kerapatan fluida

g adalah gravitasi bumi

$\eta$  adalah kekentalan larutan

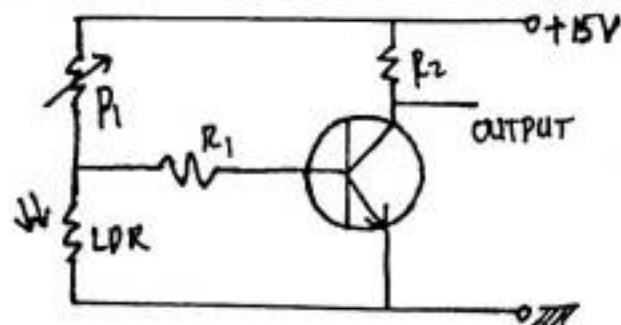
## B A B III

## M E T O D O L O G I

## III.1 RANCANG BANGUN SISTEM

Dalam sistem rancang bangun ini, perlu diketahui sejauh mana detektor masih mampu memberi selisih tegangan bila intensitas berubah. Apakah beda tegangan yang ditampilkan detektor, bila ditimpa cahaya atau tidak, cukup ekstrim perbedaannya.

Oleh karena itu detektor harus terfokus tepat dimana posisi sumber cahaya yang digunakan. Untuk menghindari hal tersebut detektor diberi tudung. Detektor yang digunakan adalah LDR, karena sistem bekerja pada dua keadaan saja yaitu ON dan OFF.



Gambar III-1. Rangkaian Detektor

Pada Gambar III-1, pada kondisi normal atau pada saat LDR tertimpa cahaya, maka tegangan antara  $P_1$  dan LDR sangat kecil. Ini berarti arus basis ( $I_B$ ) 0 atau aliran disambungan kolektor tidak ada, sehingga tegangan antara kolektor dengan emiter

tinggi atau sama dengan tegangan positif ( $V_{CC}$ ). tetapi jika cahaya yang menyorot pada LDR terhalang maka tegangan antara  $P_1$  dan LDR sangat besar, ini berarti arus basis besar atau aliran disambungan kolektor dengan emiter akan naik, sehingga tegangan antara kolektor dengan emiter menjadi rendah atau sama dengan nol. [ 7 ]

Pada rancang bangun ini dipergunakan dua rangkaian detektor yang mempergunakan tegangan catu daya 15 volt, yang bekerja pada keadaan LDR terhalang oleh cahaya.

Bentuk gelombang dari kedua rangkaian detektor dirubah kebentuk digital, dengan mempergunakan rangkaian pemicu Schmitt dari piranti IC yaitu SN 7414 yang membutuhkan  $V_{CC}$  sebesar 5 volt. Tegangan ambangnya secara umum adalah :

$$V_T = 1,7 \text{ volt}$$

$$V_T = 0,9 \text{ volt}$$

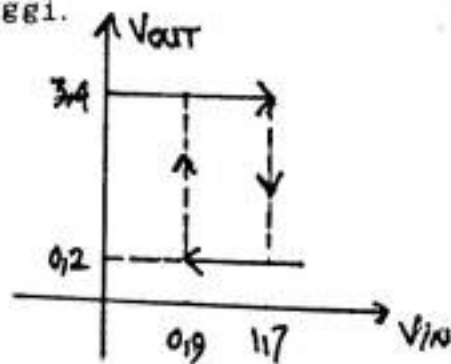
Sedangkan tegangan luaran rendah dan luaran tinggi secara umum adalah :

$$V_{OL} = 0,2 \text{ volt}$$

$$V_{OH} = 3,4 \text{ volt}$$

Grafik masukan/ luaran IC 7414 diperlihatkan pada gambar III-2. bila masukan melampaui 1,7 volt luaran berpindah ke keadaan rendah.

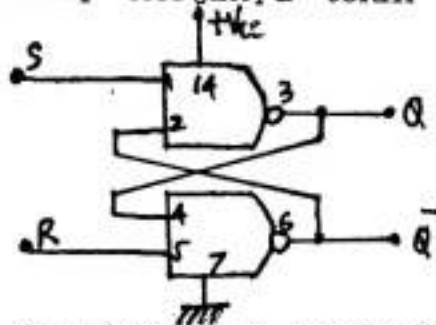
Bila masukan kurang dari 0,9 volt pindah kembali keadaan tinggi.



Gambar III.2 Masukan / luaran IC 7414

### III 2 RANGKAIAN FLIP-FLOP

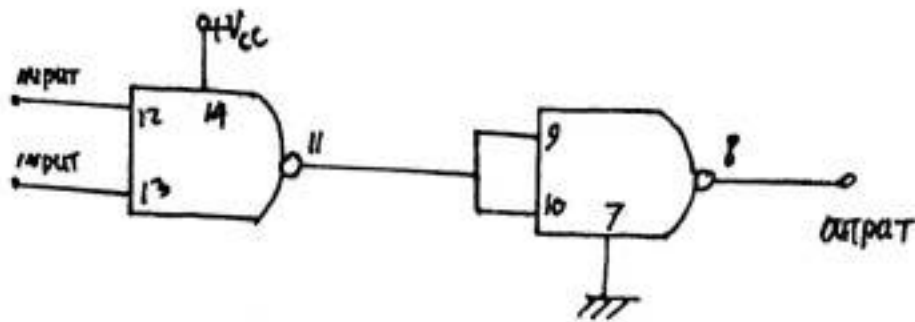
Untuk rangkaian flip-flop dipergunakan IC 7400 yang prinsip kerjanya telah dibahas pada bab II.



Gambar III-2 Rangkaian flip-flop

### III- 3 RANGKAIAN PENGONTROL LOGIKA ( AND )

Pengontrol logika atau gerbang AND berfungsi untuk memberikan sinyal-sinyal kontrol ke unit pencacah desimal dari prototype alat ukur selang waktu digital untuk pengukuran viskositas cairan. Untuk rangkaian pengontrol logika atau gerbang AND dipergunakan IC 7400 tanpa komponen-komponen eks-

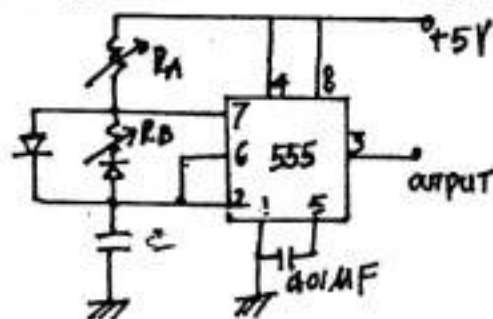


Gambar III-4 Rangkaian pengontrol logika ( gerbang AND )

Adapun prinsip kerja dari gerbang AND adalah luaran dari rangkaian AND hanya berada pada luaran 1 jika semua masukan berada pada keadaan satu.

#### III.4 RANGKAIAN GENERATOR PULSA

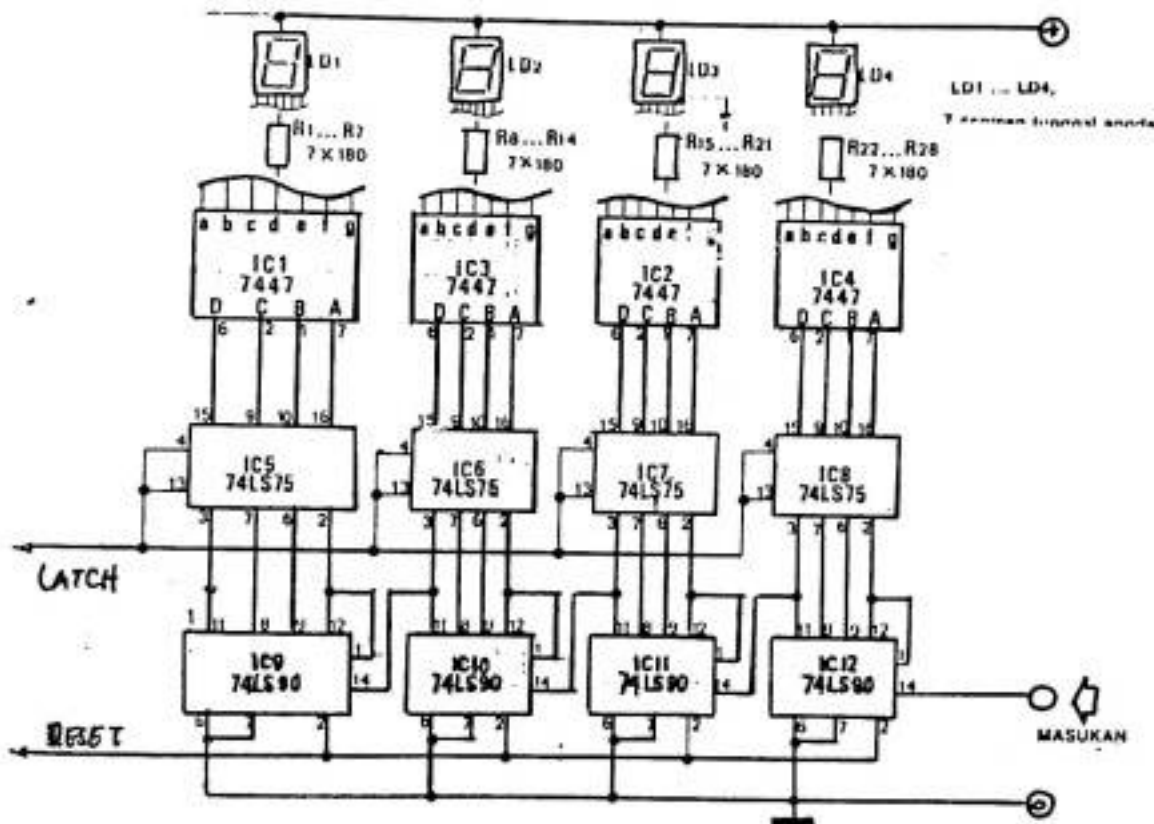
Pada bab II, telah dibahas prinsip kerja Multivibrator Astabil yang dibentuk dari rangkaian terpadu. Pada sistem rancang bangun ini, dipergunakan sumber pulsa segi empat dengan frekuensi 1 Khz. Untuk menghasilkan frekwensi 1 Khz dipergunakan tahanan potensio masing-masing 20 Kohm untuk  $R_A$  dan  $R_B$  dan kapasitor C sama dengan 0,1 F.



Gambar III-5 Rangkaian generator pulsa

### III.5 RANGKAIAN PENCACAH

Dalam membuat rangkaian ini, tidak perlu menyediakan sebanyak komponen seperti yang terkandung dalam setiap rangkaian kemudian membuatnya sebagai suatu pencacah, sebab telah tersedia berupa rangkaian terpadu ( IC ).



Gambar III-6 Rangkaian Pencacah

Pada gambar III-6, bila pulsa clock diberikan ke masukan clock dari pencacah, maka pencacah akan menghitung pulsa tersebut dengan kemampuan hi-

tungan dari 0000 sampai 9999. Hasil hitungan dari pencacah disimpan sementara pada Grendel (Latch). Bila masukan pada grendel dibuat rendah maka hasil hitungan diteruskan ke peraga tujuh segmen melalui decoder untuk diperagakan.

### III.6 RANGKAIAN CATU DAYA

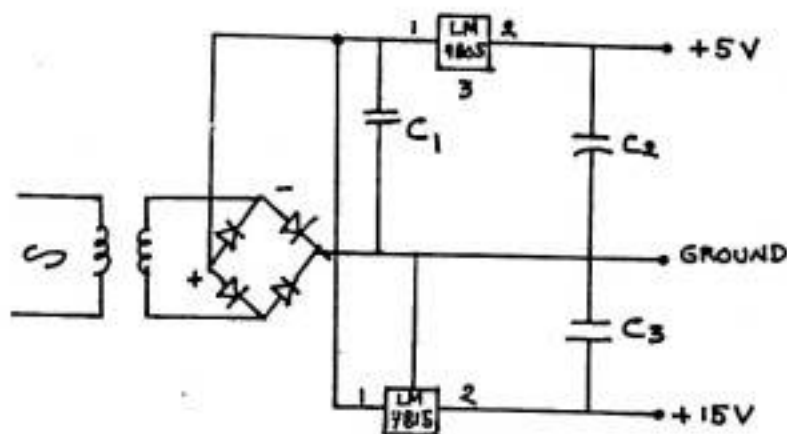
Untuk mendapatkan suatu tegangan yang cukup stabil, maka pada rangkaian pencatu daya ini dipergunakan komponen regulator tegangan. Komponen tersebut berfungsi untuk mengatur tegangan yang telah disearahkan oleh dioda penyearah jembatan, sehingga pada luaranya diperoleh tegangan stabil yang sesuai dengan IC yang digunakan.

Regulator dapat menghasilkan tegangan yang stabil negatif maupun positif. Regulator tegangan negatif dalam kemasan IC yang umum dipakai adalah LM 79XX, IC ini merupakan regulator tegangan negatif dengan tiga terminal. Regulator positif adalah LM 78XX yang mempunyai tiga terminal.

Karena semua komponen yang digunakan diberi catu tunggal, maka komponen regulator yang dipergunakan adalah LM 7805 dan LM 7815. Kedua IC tersebut merupakan regulator stabil.

Regulator LM 7805 dan LM 7815 disamping menghasilkan tegangan tetap sebesar + 5 volt dan + 15 volt, juga dapat mengeluarkan arus masing-masing 1 ampere dan dilengkapi dengan pembenam panas.

Untuk memilih transformator yang sesuai dengan LM 7805 dan LM 7815, maka transformator yang memiliki tegangan sekunder 18 volt serta arus 1 Ampere dapat digunakan. Bila pembenam panas yang digunakan sesuai, maka IC regulator akan tercegah dari kerusakan, oleh karena panas yang tinggi.



Gambar III-7 Rangkaian Catu daya + 5 volt dan + 15 volt

### III.7 RANGKAIAN LENGKAP

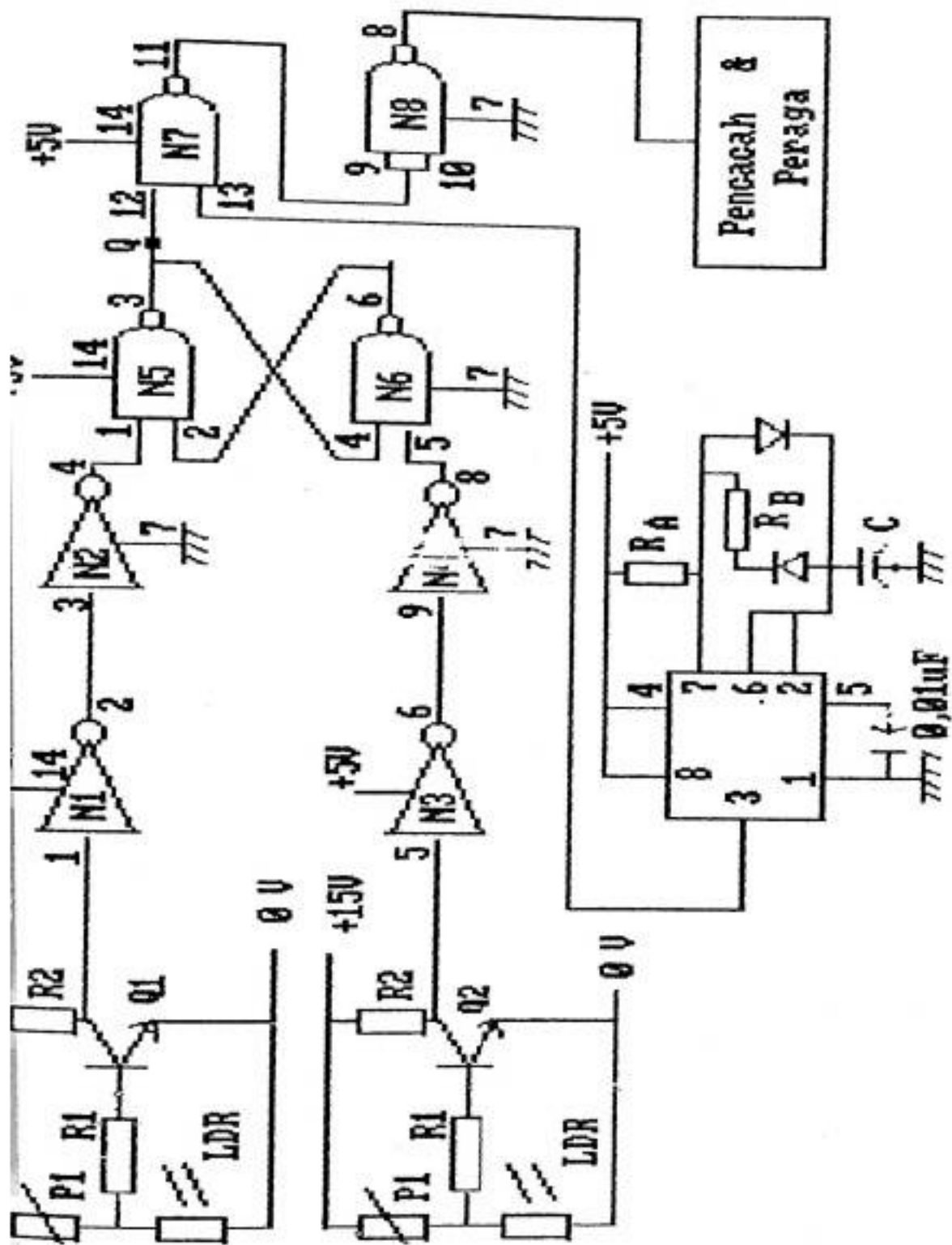
Keseluruhan dari pada rangkaian alat ukur selang waktu digital untuk pengukuran viskositas cairan



diperlihatkan pada gambar III-8, dibentuk pada papan rangkaian tercetak atau PCB. Untuk lebih kompak dan ekonomis, maka diusahakan menggunakan papan PCB dengan ukuran sekecil mungkin.

Bagian-bagian dari alat ukur selang waktu digital untuk pengukuran viskositas cairan didesign pada tiga bagian PCB, bagian 1 untuk rangkaian detektor, rangkaian flip-flop, rangkaian pengontrol logika (AND), dan rangkaian generator pulsa. Bagian 2 untuk rangkaian pencacah dan peraga digital, dan bagian 3 untuk rangkaian catu daya.

Dalam konstruksinya, penggabungan ke 3 bagian diusahakan tidak menggunakan kabel dengan tata letak sedekat mungkin dan mudah dipasang atau dilepas tanpa mengakibatkan keamanan gangguan mekanisnya. Kabel hanya dipergunakan untuk keluaran dari detektor dan catu daya.



Gambar 111.6. Rangkaian Lengkap

## B A B IV

## H A S I L   D A N   B A H A S A N

## IV. 1   PENGUKURAN VISKOSITAS CAIRAN

Untuk menguji alat apakah dapat dipergunakan maka alat tersebut perlu dicoba, dari percobaan ini kemudian diperoleh data. Setelah mendapatkan data pengukuran, selanjutnya data tersebut dianalisis.

Pada pengukuran viskositas cairan, digunakan dua buah bola masing-masing dengan massa 5,267 gram dan 4,937 gram dengan diameter 15,897 mm dan 15,56285 mm.

Pengukuran diulangi untuk jarak masing-masing 40 cm dan 75 cm, Hasil pengukuran diperlihatkan pada tabel IV. 1

Tabel IV. 1 Hasil Pengukuran Unjuk Kerja Alat Ukur Selang Waktu Digital

Massa Bola ( gram )	Jarak (Cm)	$\bar{T}$ alat (detik)	$\bar{T}$ stopwatch (detik)
5,267	40	1,5128	1,5688
5,267	75	2,6694	2,7625
4,937	40	1,4955	1,5316
4,397	75	2,6415	2,72

## IV.2 ANALISIS DATA

Untuk mengetahui apakah alat yang dibuat dapat dipercaya maka data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan metoda Distribusi Student T.

Rumus yang digunakan dalam analisis data adalah :

$$T = \frac{[\bar{X}_1 - \bar{X}_2] - a_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \dots\dots\dots (IV.1)$$

$$= \frac{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}{\dots\dots\dots} \dots\dots\dots (IV.2)$$

$$\frac{\frac{S_1^2}{n_1 - 1} + \frac{S_2^2}{n_2 - 1}}{\dots\dots\dots}$$

Dimana,  $\bar{X}_1$  adalah hasil rata-rata dari  $T_{stopwatch}$

$\bar{X}_2$  adalah hasil rata-rata dari  $T_{alat}$

$S_1$  adalah standar deviasi dari  $T_{stopwatch}$

$S_2$  adalah standar deviasi dari  $T_{alat}$

$n_1, n_2$  adalah banyaknya data

adalah derajat kebebasan

Hasil analisis diperlihatkan pada lampiran VII. Analisis ini menunjukkan bahwa hasil pengukuran dengan alat ukur yang direkayasa berbeda nyata dengan yang diperoleh dengan menggunakan stopwatch.

#### IV.3 Hasil Perhitungan Viskositas Cairan Gliserin

Tabel IV.2

Hasil Perhitungan Viskositas Cairan Gliserin

M <sub>bola</sub> (gr)	Diameter bola(mm)	Jarak (cm)	$\eta$ alat dyne.dtk cm <sup>2</sup>	$\eta$ stopwatch dyne.dtk cm <sup>2</sup>	Diameter tabung ( cm )
5,267	15,89701	40	6,4794	6,7192	3,242
5,267	15,89701	75	6,0976	6,3105	3,242
4,937	15,56285	40	6,12892	6,2770	3,242
4,937	15,56285	75	5,7738	5,9454	3,242

Hasil yang diperoleh berbeda dengan harga literatur, karena diameter bola hampir sama dengan diameter tabung, sehingga besaran waktu dapat dikoreksi dengan menggunakan rumus :

$$T = T_s ( 1 + k r/R ) \quad \dots \dots \dots \dots (IV.3)$$

dimana, T = waktu yang diamati

$T_s$  = Waktu yang sebenarnya

r = jari-jari bola

R = jari-jari tabung

Dalam tugas akhir ini kami tidak mengoreksi dari besaran waktu tersebut, karena tidak termasuk dalam ruang lingkup.

## B A B V

## S I M P U L A N   D A N   S A R A N

## V. 1 SIMPULAN

- 1 Dengan jumlah komponen yang relatif sedikit, dapat diwujudkan suatu alat ukur selang waktu digital yang memiliki kemampuan teknis dan nilai ekonomis yang memadai serta dibentuk dari komponen yang terdapat dipasaran elektronika dalam negeri.
- 2 Penerapan sistem digital menjamin ketepatan dalam pengukuran dan merupakan keunggulan utama dari alat yang diwujudkan.
3. Ketepatan hasil pengukuran sangat bergantung dari sumber pulsa ( generator pulsa ) dan kedua detektor yang digunakan
4. Alat ukur selang waktu digital untuk pengukuran viskositas cairan yang diwujudkan dapat dipergunakan untuk jenis fluida newtonian dan yang memiliki transparansi yang tinggi.

## V. 2 SARAN - SARAN

1. Agar diperoleh pengukuran yang tepat maka sebelum mempergunakan alat ini, periksa pulsa apakah sudah tepat menunjukkan 1 KHz.
2. Untuk mempertinggi unjuk kerja alat, maka waktu transient dari detektor perlu diperkecil dengan cara mengganti detektor tersebut dengan detektor lain yang lebih peka.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Lim Han Gie, " SISTEM INSTRUMENTASI ", departemen fisika teknik ITB, Bandung, 1981
2. Malvino. Albert paul, leach. Donald P, "DIGITAL PRINCIPLES AND APPLICATION", MC Graw - Hill, Inc, edition three , 1981
3. Tocci. Ronald J, " DIGITAL SYSTEMS PRINCIPLES AND APPLICATIONS ", Prentie - Hall, Englewood cliffs edition three
4. Bartee. Thomas C, " DIGITAL COMPUTER FUNDAMENTAL ", Mc Graw - Hill Inc, Tokyo, 1982
5. Coughlin. Robert F, Driscoll. Frederick F, " PENGUAT OPERASIONAL DAN RANGKAIAN TERPADU LINIEAR ", Terjemahan oleh Herman widodo Soemitro, edisi kedua, Penerbit Erlangga, jakarta, 1985
6. David Haliday, Robert Resnick, " FISIKA ", Terjemahan oleh Pantur silaban, edisi ketiga, penerbit Erlangga, Jakarta, 1984
7. Malvino . Albert Paul, " APROKSIMASI RANGKAIAN SEMIKONDUKTOR ", Terjemahan oleh Barmawi, edisi keempat, penerbit erlangga, jakarta, 1985
8. " LOGIK DATA BOOK ", National semikonduktor



LAMPIRAN I

Hasil Pengukuran Massa Bola I dan II

NO	Massa bola I ( gram )	Massa bola II (gram)
1	5,28	4,96
2	5,28	4,95
3	5,28	4,95
4	5,25	4,93
5	5,26	4,93
6	5,28	4,93
7	5,28	4,93
8	5,28	4,92
9	5,28	4,94
10	5,28	4,94

## LAMPIRAN II

## HASIL PENGUKURAN DIAMETER BOLA I DAN II

NO	Diameter bola I (mm)	Diameter bola II (mm)
1	15,882	15,562
2	15,902	15,592
3	15,892	15,562
4	15,902	15,552
5	15,892	15,572
6	15,892	15,532
7	15,872	15,572
8	15,912	15,592
9	15,892	15,5
10	15,892	15,592
11	15,912	15,552
12	15,932	15,562
13	15,872	15,511
14	15,892	15,572
15	15,902	15,572
16	15,872	15,592
17	15,902	15,522
18	15,942	15,562
19	15,900	15,592
20	15,882	15,592

## LAMPIRAN III

Hasil pengukuran pada jarak  $d = 40$  cm untuk bola I terhadap  $T_{\text{Alat}}$  dan  $T_{\text{Stopwatch}}$

NO	$T_{\text{ALAT}}$ (detik)	$T_{\text{STOPWATCH}}$ (detik)
1	1,610	1,6
2	1,539	1,7
3	1,514	1,5
4	1,492	1,5
5	1,512	1,6
6	1,484	1,5
7	1,517	1,6
8	1,505	1,6
9	1,530	1,6
10	1,511	1,5
11	1,507	1,7
12	1,515	1,6
13	1,485	1,5
14	1,501	1,6
15	1,484	1,5
16	1,498	1,5

LAMPIRAN IV

Hasil Pengukuran pada jarak  $d = 40$  cm Untuk Bola II terhadap  $T_{\text{Alat}}$  dan  $T_{\text{Stopwatch}}$ .

NO	$T_{\text{ALAT}}$ (detik)	$T_{\text{STOPWATCH}}$ (detik)
1	1,545	1,5
2	1,497	1,6
3	1,476	1,5
4	1,471	1,6
5	1,503	1,6
6	1,495	1,5
7	1,509	1,6
8	1,476	1,5
9	1,480	1,5
10	1,489	1,5
11	1,492	1,5
12	1,493	1,5
13	1,470	1,6
14	1,500	1,5
15	1,509	1,5
16	1,491	1,5
17	1,509	1,5
18	1,509	1,6
19	1,500	1,5

LAMPIRAN V

Hasil Pengukuran pada jarak  $d = 75$  Cm untuk Bola I terhadap  $T_{alat}$  dan  $T_{stopwatch}$ .

NO	$T_{ALAT}$ (detik)	$T_{STOPWATCH}$ (detik)
1	2,655	2,7
2	2,715	2,8
3	2,673	2,7
4	2,682	2,7
5	2,669	2,7
6	2,639	2,7
7	2,698	2,8
8	2,687	2,8
9	2,659	2,8
10	2,645	2,8
11	2,653	2,9
12	2,697	2,7
13	2,625	2,7
14	2,678	2,8
15	2,682	2,9
16	2,653	2,7

LAMPIRAN VI

Hasil pengukuran pada jarak  $d = 75$  cm untuk bola II terhadap  $T_{alat}$  dan  $T_{stopwatch}$ .

NO	$T_{ALAT}$ (detik)	$T_{STOPWATCH}$ (detik)
1	2,624	2,7
2	2,661	2,8
3	2,621	2,7
4	2,674	2,8
5	2,620	2,6
6	2,631	2,6
7	2,596	2,6
8	2,681	2,9
9	2,637	2,7
10	2,655	2,7
11	2,641	2,7
12	2,597	2,7
13	2,682	2,8
14	2,644	2,7
15	2,658	2,8

## LAMPIRAN VII

1. UNTUK JARAK  $d = 40$  Cm

### BOLA PERTAMA

$$n_1 = 16, \quad n_2 = 16$$

$$\bar{X}_1 = 1,56875, \quad \bar{X}_2 = 1,51273$$

$$S_1 = 0,07042, \quad S_2 = 0,03034$$

$$S_1^2 = 4,9589764 \cdot 10^{-3}$$

$$S_2^2 = 9,183342 \cdot 10^{-3}$$

Hipotesa Awal (  $H_0$  ) :  $\mu_1 = \mu_2$

Hipotesa Alternatif (  $H_1$  ) :  $\mu_1 \neq \mu_2$

Daerah Kritis  $\alpha = 0,005$

$$T = 2,91615 \quad \sqrt{v} = 20,3714 \approx 20$$

T ada dalam daerah kritis berarti  $H_0$  ditolak  
yaitu :

$$T > t_{\alpha/2}$$

$$2,91615 > 2,845$$

### BOLA KEDUA

$$n_1 = 19, \quad n_2 = 19$$

$$\bar{X}_1 = 1,53158, \quad \bar{X}_2 = 1,495474$$

$$S_1 = 0,047757, \quad S_2 = 0,01766$$

$$S_1^2 = 2,28074 \cdot 10^{-3}$$

$$S_2^2 = 3,118756 \cdot 10^{-4}$$

Hipotesa awal (  $H_0$  ) :  $\mu_1 = \mu_2$

Hipotesa alternatif (  $H_1$  ) :  $\mu_1 \neq \mu_2$

Daerah kritis  $\alpha = 0,005$

$$T = 3,0909 \quad \sqrt{\phantom{x}} = 17,67 \approx 18$$

T ada dalam kritis berarti  $H_0$  ditolak yaitu :

$$\begin{aligned} T &> t_{\alpha/2} \\ 3,0909 &> 2,878 \end{aligned}$$

II. UNTUK JARAK  $d = 75$  Cm

#### BOLA PERTAMA

$$n_1 = 16$$

$$n_2 = 16$$

$$\bar{X}_1 = 2,7625$$

$$\bar{X}_2 = 2,6694$$

$$S_1 = 0,0719$$

$$S_2 = 0,0241$$

$$S_1^2 = 5,16961 \cdot 10^{-3}$$

$$S_2^2 = 5,8081 \cdot 10^{-4}$$

Hipotesa awal (  $H_0$  ) :  $\mu_1 = \mu_2$

Hipotesa alternatif (  $H_1$  ) :  $\mu_1 \neq \mu_2$

Daerah kritis  $\alpha = 0,005$   $T = 4,9109$

$$\sqrt{\phantom{x}} = 18,328 \approx 18$$

T ada dalam daerah kritis berarti  $H_0$  ditolak  
yaitu :

$$\begin{aligned} T &> t_{\alpha/2} \\ 4,9109 &> 2,878 \end{aligned}$$



BOLA KEDUA

$$n_1 = 15$$

$$n_2 = 15$$

$$\bar{X}_1 = 2,72$$

$$X_2 = 2,6415$$

$$S_1 = 0,0862$$

$$S_2 = 0,0273$$

$$S_2^2 = 7,43044 \cdot 10^{-3}$$

$$S_2^2 = 7,4529 \cdot 10^{-4}$$

Hipotesa awal (  $H_0$  ) :  $\mu_1 = \mu_2$

Hipotesa alternatif (  $H_1$  ) :  $\mu_1 \neq \mu_2$

Daerah kritis  $\alpha = 0,005$

$$T = 3,3619 \quad \sqrt{16,7805} \approx 17$$

T ada dalam daerah kritis berarti  $H_0$  ditolak yaitu :

$$T > t_{\alpha/2}$$

$$3619 > 2,898$$

LAMPIRAN VIII  
DATA SHEET IC DAN TRANSISTOR

LAMPIRAN IX

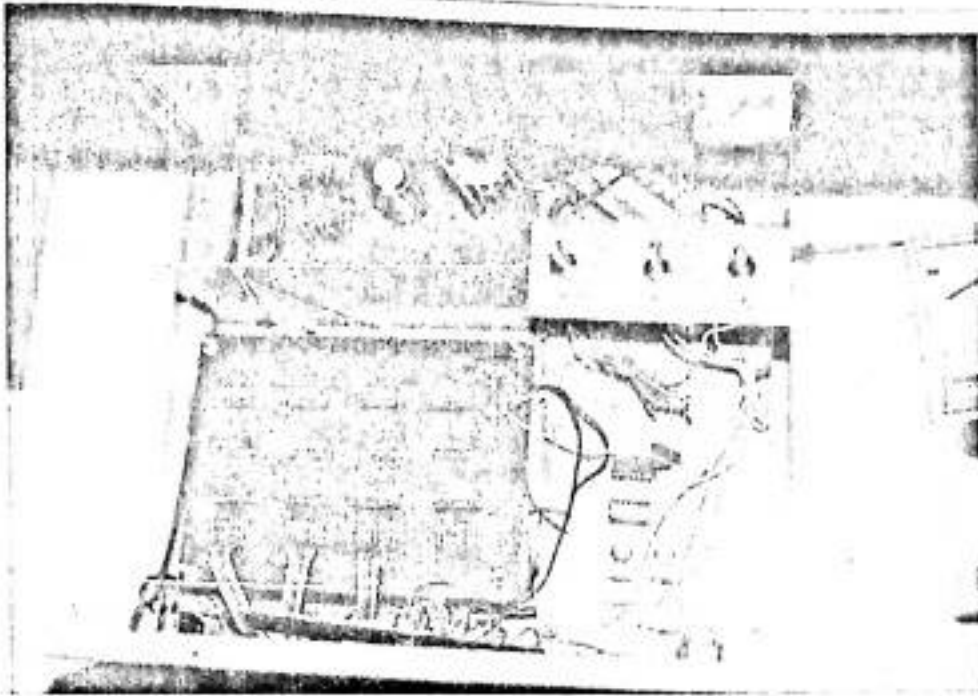


PHOTO BAGIAN DALAM ALAT UKUR SELANG WAKTU DIGITAL

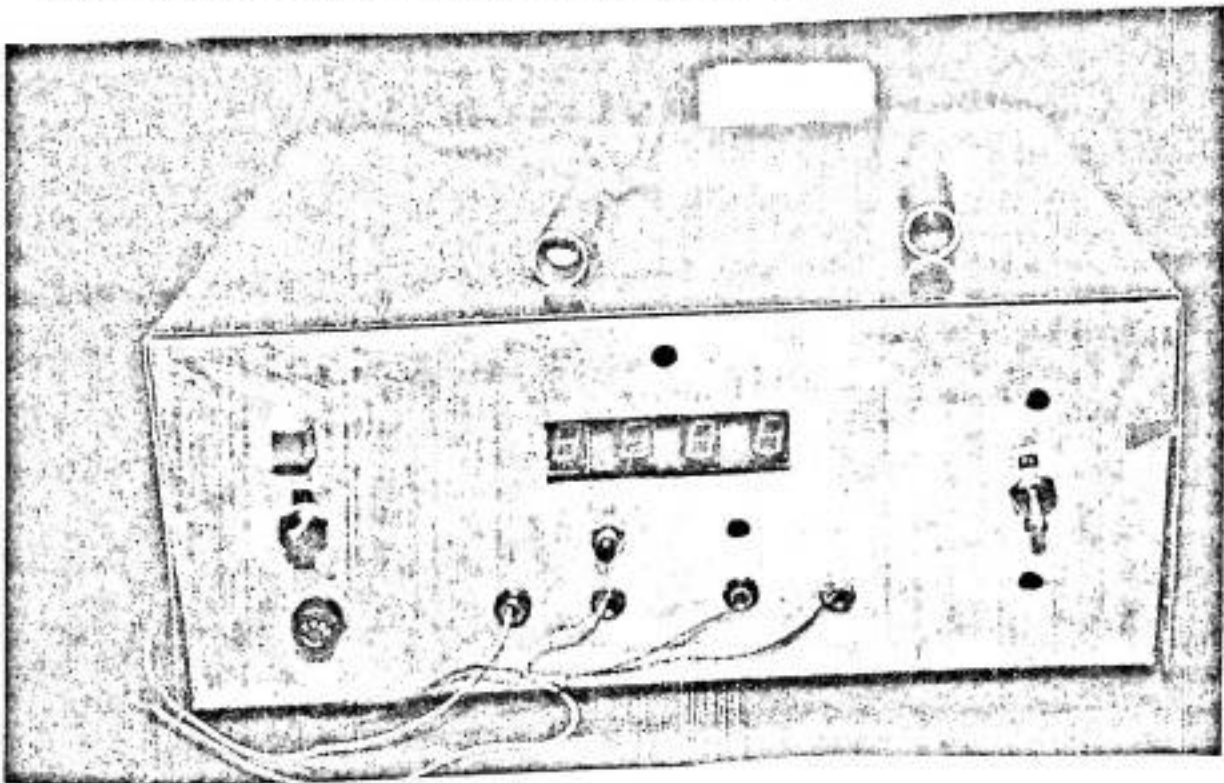
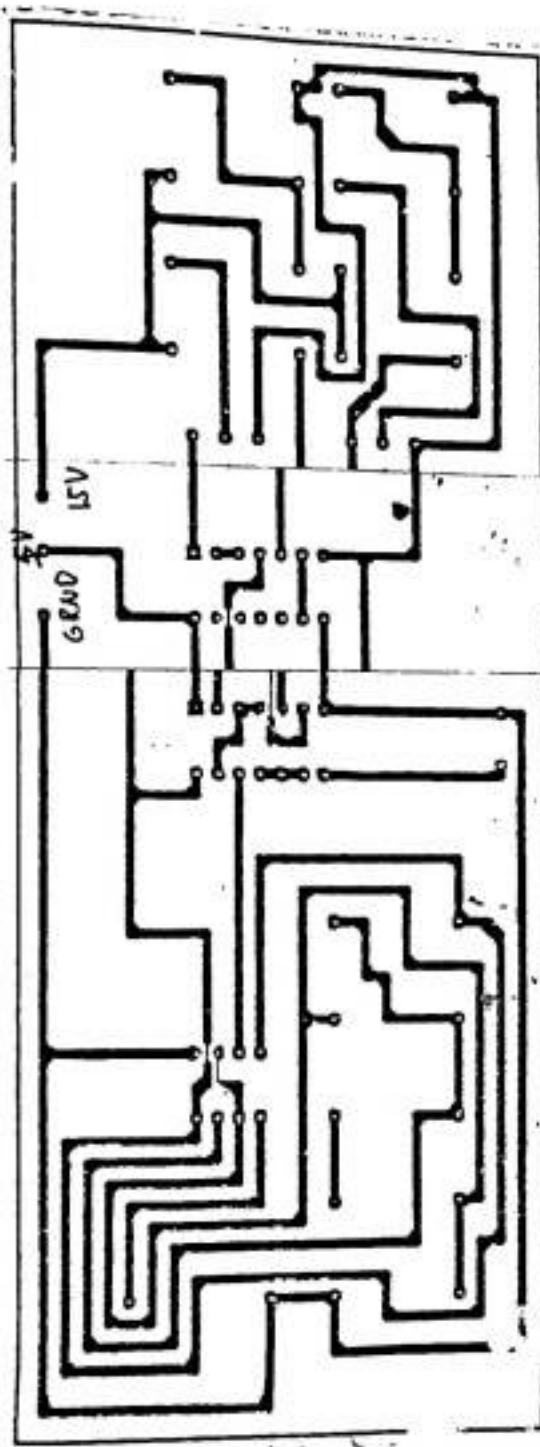


PHOTO BAGIAN LUAR ALAT UKUR SELANG WAKTU DIGITAL

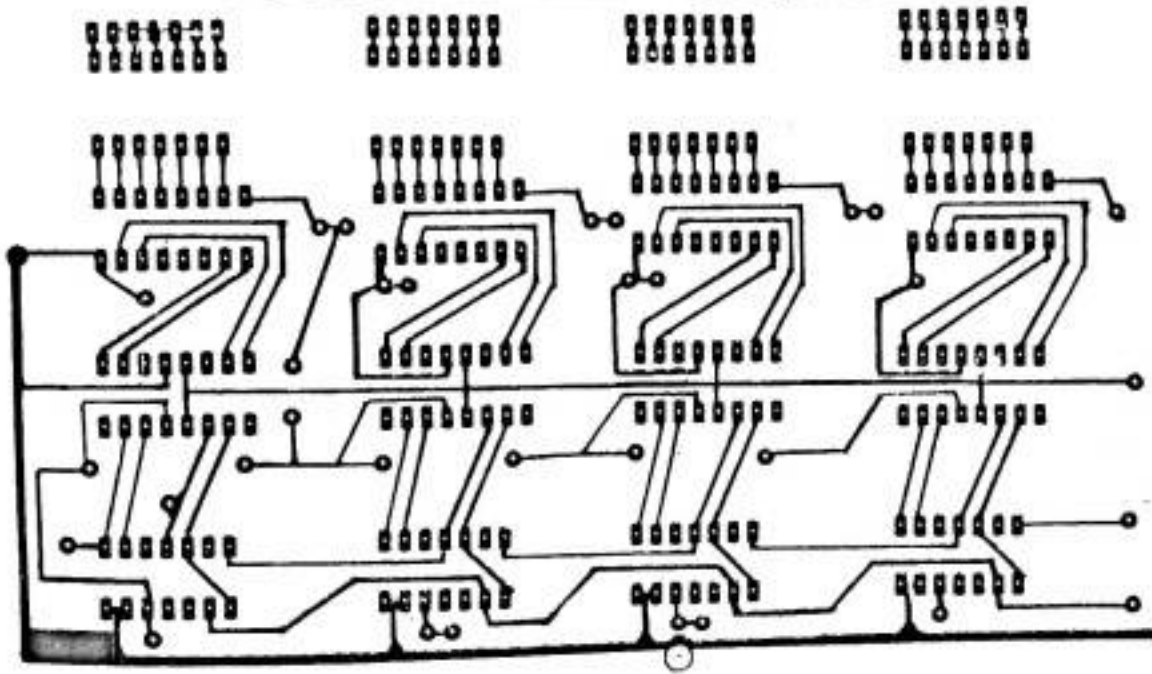
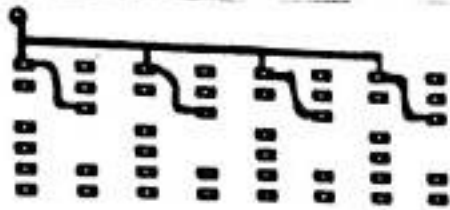
## LAMPIRAN X

### DAFTAR NAMA KOMPONEN

- Tahanan potensio (P1) = 100 Kohm
- Tahanan (R1) = 2 K 2
- Tahanan (R2) = 1 K
- Resistor Peka Cahaya (LDR)
- Transistor (G<sub>1</sub>) = 2N 2219A
- N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>, N<sub>4</sub> = SN 7414
- N<sub>5</sub>, N<sub>6</sub>, N<sub>7</sub>, N<sub>8</sub> = SN 7400
- IC NE 555
- Tahanan potensio ( R<sub>A</sub> dan R<sub>B</sub>) = 20 Kohm
- Dioda 1N 4001
- Kapasitor (C) = 0,1 uF
- IC<sub>1</sub>, IC<sub>2</sub>, IC<sub>3</sub>, IC<sub>4</sub> = SN 7447
- IC<sub>5</sub>, IC<sub>6</sub>, IC<sub>7</sub>, IC<sub>8</sub> = SN 74LS75
- IC<sub>9</sub>, IC<sub>10</sub>, IC<sub>11</sub>, IC<sub>12</sub> = SN 74LS90
- Tahanan ( R<sub>1</sub> - R<sub>7</sub> ) = 180 Ohm
- Bridge Dioda 1 A
- Regulator Tegangan 7805 dan 7815
- Kapasitor Tantalum (C<sub>1</sub>) = 4400uF/35V
- Kapasitor Milar (C<sub>2</sub> dan C<sub>3</sub>) = 0,01 uF



GAMBAR PCB I



GAMBAR PCB II

Parameter	Conditions	DM54/74			DM54/74			DM54/74			DM54/74			Units
		00, 04			100, H0C			L00, L04			L500, L504			
		Min	Typ (1)	Max	Min	Typ (1)	Max	Min	Typ (1)	Max	Min	Typ (1)	Max	
$V_{IH}$	High Level Input Voltage	7												V
$V_{IL}$	Low Level Input Voltage		0.8			0.8					0.8			V
$V_I$	Input Clamp Voltage													V
	$V_{CC} = \text{Min}$													
	$I_I = -8 \text{ mA}$													
	$I_I = -12 \text{ mA}$													
	$I_I = -18 \text{ mA}$													
$I_{OH}$	High Level Output Current													V
$V_{OH}$	High Level Output Voltage													V
	$V_{CC} = \text{Min}, V_{IL} = \text{Max}$													
	$I_{OH} = \text{Max}$													
$I_{OL}$	Low Level Output Current													V
	$V_{CC} = \text{Min}$													
	$V_{IL} = 2 \text{ V}$													
$V_{OL}$	Low Level Output Voltage													V
	$I_{OL} = \text{Max}$													
	$I_{OL} = 4 \text{ mA}$													
$I_I$	Input Current at Maximum Input Voltage													V
	$V_{CC} = \text{Max}$													
	$V_I = 5.5 \text{ V}$													
	$V_I = 7 \text{ V}$													
$I_{IH}$	High Level Input Current													V
	$V_{CC} = \text{Max}$													
	$V_I = 2.4 \text{ V}$													
	$V_I = 2.7 \text{ V}$													
$I_{IL}$	Low Level Input Current													V
	$V_{CC} = \text{Max}$													
	$V_I = 0.3 \text{ V}$													
	$V_I = 0.4 \text{ V}$													
	$V_I = 0.5 \text{ V}$													
$I_{OS}$	Short Circuit Output Current													V
	$V_{CC} = \text{Max (2)}$													
$I_{CC}$	Supply Current													V
	$V_{CC} = \text{Max}$													

Note 1: All typical values are at  $V_{CC} = 5 \text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ .

Note 2: Not more than one output should be shorted at a time, and for DM54, DM74, DM54S, DM74S, DM54LS, DM74LS, DM54LS, DM74LS, and for DM54H, DM74H, DM54HS, DM74HS, DM54HS, DM74HS, not more than one output should be shorted at a time.

See Table

DM54/DM7400, 04, 10, 20, 30, S133 NAND Gates/Inverters

Device	ICCH (mA) Total With Outputs High		ICCL (mA) Total With Outputs Low		Device	Conditions	t <sub>PLH</sub> (ns) Propagation Delay Time, Low-To-High Output			t <sub>PHL</sub> (ns) Propagation Delay Time, High-To-Low Output		
	Typ	Max	Typ	Max			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max
00	4	8	12	22	00, 10		11	22		7	15	
04	6	12	18	33	04, 20	C <sub>L</sub> = 15 pF, R <sub>L</sub> = 400 Ω	12	22		8	15	
10	3	6	9	16.5	30		13	22		8	15	
20	2	4	6	11	H00		5.9	10		6.2	10	
30	1	2	3	6	H04		6	10		6.5	10	
H00	10	16.8	26	40	H10	C <sub>L</sub> = 25 pF, R <sub>L</sub> = 280 Ω	5.9	10		6.3	10	
H04	16	26	40	58	H20		6	10		7	10	
H10	7.5	12.6	19.5	30	H30		6.8	10		8.9	12	
H20	5	8.4	13	20	L00, L04	C <sub>L</sub> = 50 pF, R <sub>L</sub> = 4 kΩ	35	60		31	60	
H30	2.5	4.2	6.5	10	L10, L20		35	60		70	100	
L00	0.44	0.9	1.16	2.04	L30		3	5	10	3	5	
L04	0.60	1.2	1.74	3.08	LS00, LS04	C <sub>L</sub> = 15 pF, R <sub>L</sub> = 2 kΩ	4	8	15	4	8	
L10	0.33	0.6	0.87	1.53	LS10, LS20	C <sub>L</sub> = 50 pF, R <sub>L</sub> = 2 kΩ	4	7	12	4	7	
L20	0.22	0.4	0.58	1.02	LS30	C <sub>L</sub> = 15 pF, R <sub>L</sub> = 2 kΩ	5	9	18	5	11	
L30	0.11	0.2	0.28	0.51	S00, S04	C <sub>L</sub> = 50 pF, R <sub>L</sub> = 2 kΩ	2	3	4.5	2	3	
LS00	0.8	1.6	2.4	4.4	S10, S20	C <sub>L</sub> = 15 pF, R <sub>L</sub> = 280 Ω	2	4.5	7	2	5	
LS04	1.2	2.4	3.6	6.6	S30, S133	C <sub>L</sub> = 50 pF, R <sub>L</sub> = 280 Ω	2	4	6	2	4.5	
LS10	0.6	1.2	1.8	3.3		C <sub>L</sub> = 15 pF, R <sub>L</sub> = 280 Ω	2	4	6	2	4.5	
LS20	0.4	0.8	1.2	2.2		C <sub>L</sub> = 50 pF, R <sub>L</sub> = 280 Ω	2	5.5	8	3	6.5	
LS30	0.35	0.5	0.6	1.1								
S00	10	16	20	38								
S04	15	24	30	54								
S10	7.5	12	15	27								
S20	5	8	10	18								
S30	3	5	5.5	10								
S133	3	5	5.5	10								



**Electrical Characteristics** over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted).

Parameter	Conditions	13			14			132			DM54/74			
		Min	Typ (1)	Max	Min	Typ (1)	Max	Min	Typ (1)	Max	Min	Typ (1)	Max	
		Units			Units			Units			Units			
$V_{T+}$	Positive-Going Threshold Voltage $V_{CC} = 5\text{ V}$	1.5	1.7	2	1.5	1.7	2	1.5	1.7	2	1.4	1.6	1.9	V
$V_{T-}$	Negative-Going Threshold Voltage	0.0	0.8	1.1	0.6	0.9	1.1	0.6	0.9	1.1	0.5	0.8	1.0	V
$V_{T+}$	Hysteresis	0.4	0.8		0.4	0.8		0.4	0.8		0.4	0.8		V
$V_I$	Input Clamp Voltage			-1.5			-1.5			-1.5				V
$I_{OH}$	High Level Output Current			-800			-800			-800			-1.5	V
$V_{OH}$	High Level Output Voltage													V
$I_{OL}$	Low Level Output Current			16			16			16			4	mA
$V_{OL}$	Low Level Output Voltage													V
$I_{I+}$	Input Current at Positive-Going Threshold													mA
$I_{I-}$	Input Current at Negative-Going Threshold													mA
$I_I$	Input Current at Maximum Input Voltage													mA
$I_{IH}$	High Level Input Current													mA
$I_L$	Low Level Input Current													mA
$I_{OS}$	Short Circuit Output Current													mA
$I_{CC}$	Supply Current													mA
	Total Output High													mA
	Total Output Low													mA

 Note 1: All typical values are at  $V_{CC} = 5\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ .

Note 2: Not more than one output should be shown at a time, and for DM04LS/DM74LS, direction of short circuit should not exceed one second.

**Switching Characteristics** at  $V_{CC} = 5\text{ V}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$

Switching Characteristics at  $V_{CC} = 5V$ ,  $T_A = 25^\circ C$

Device	Conditions	t <sub>PLH</sub> (ns)			t <sub>PHL</sub> (ns)		
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max
13	C <sub>L</sub> = 15 pF, R <sub>L</sub> = 400 Ω		18	27		15	22
14, 132			15	22		15	22
LS13, LS14, LS132	C <sub>L</sub> = 15 pF, R <sub>L</sub> = 2 kΩ	6	15	22	5	15	22
	C <sub>L</sub> = 50 pF, R <sub>L</sub> = 2 kΩ	8	18	25	10	21	33

BCD/7-Segment Decoders/Drivers

General Description

The 46A, 47A and LS47 feature active-low outputs designed for driving common-anode LED's or incandescent indicators directly; and the 48, LS48 and LS49 feature active-high outputs for driving lamp buffers or common-cathode LED's. All of the circuits except the LS49 have full ripple-blanking input/output controls and a lamp test input. The LS49 features a direct blanking input. Segment identification and resultant displays are shown on a following page. Display patterns for BCD input counts above nine are unique symbols to authenticate input conditions.

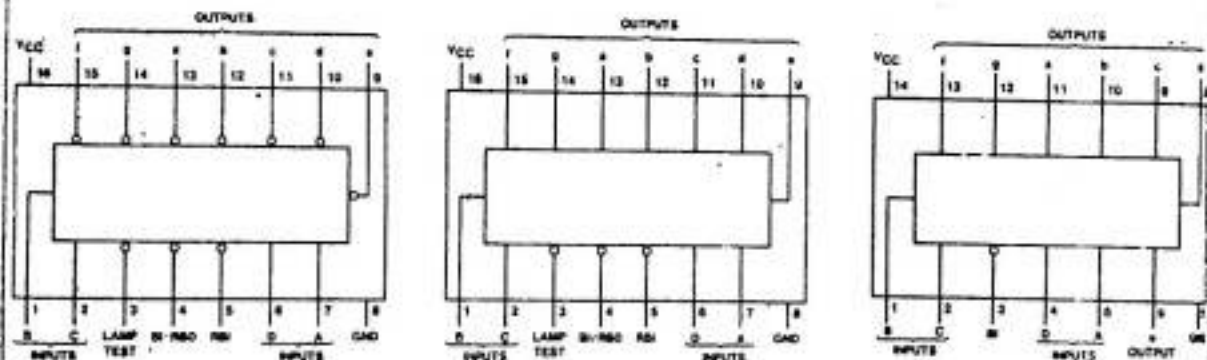
All of the circuits except the LS49 incorporate automatic leading and/or trailing-edge, zero-blanking control (RBI and RBO). Lamp test (LT) of these devices may be performed at any time when the BI/RBO node is at a high logic level. All types (including LS49) contain an overriding blanking input (BI) which can be used to control the lamp intensity (by pulsing), or to inhibit the outputs.

Features

- All circuit types feature lamp intensity modulation capability
- 5446A/7446A, 5447A/7447A, 54LS47/74LS47
- Open-collector outputs drive indicators directly
- Lamp-test provision
- Leading/trailing zero suppression
- 5448/7448, 54LS48/74LS48
- Internal pull-ups eliminate need for external resistors
- Lamp-test provision
- Leading/trailing zero suppression
- 54LS49/74LS49
- Open-collector outputs
- Blanking input

Type	Driver Outputs				Typical Power Dissipation	Packages
	Active Level	Output Configuration	Sink Current	Max Voltage		
DM5446A	low	open-collector	40 mA	30 V	320 mW	J,W
DM5447A	low	open-collector	40 mA	15 V	320 mW	J,W
DM5448	high	2 kΩ pull-up	6.4 mA	5.5 V	265 mW	J,W
DM54LS47	low	open-collector	12 mA	15 V	35 mW	J,W
DM54LS48	high	2 kΩ pull-up	2 mA	5.5 V	125 mW	J,W
DM54LS49	high	open-collector	4 mA	5.5 V	40 mW	J,W
DM7446A	low	open-collector	40 mA	30 V	320 mW	N
DM7447A	low	open-collector	40 mA	15 V	320 mW	N
DM7448	high	2 kΩ pull-up	6.4 mA	5.5 V	265 mW	N
DM74LS47	low	open-collector	24 mA	15 V	35 mW	N
DM74LS48	high	2 kΩ pull-up	6 mA	5.5 V	125 mW	N
DM74LS49	high	open-collector	8 mA	5.5 V	40 mW	N

Connection Diagrams



- |              |            |              |            |                          |
|--------------|------------|--------------|------------|--------------------------|
| 5446A (J,W)  | 7446A (N)  | 5448A (J,W)  | 7448A (N)  | 54LS49 (J,W); 74LS49 (N) |
| 5447A (J,W)  | 7447A (N)  | 54LS48 (J,W) | 74LS48 (N) |                          |
| 54LS47 (J,W) | 74LS47 (N) |              |            |                          |

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

Electrical Characteristics over recommended operating free air temperature range (unless otherwise noted)

Parameter	Conditions	46A, 47A			48			DM54, 74			LS47			LS48			LS49			Units
		Min	Typ(1)	Max	Min	Typ(1)	Max	Min	Typ(1)	Max	Min	Typ(1)	Max	Min	Typ(1)	Max	Min	Typ(1)	Max	
V <sub>OH</sub>	High Level Output Voltage	2			2			2			2			2			2			V
V <sub>OL</sub>	Low Level Output Voltage		0.5	0.8		0.8	1.5		0.8	1.5		0.8	1.5		0.8	1.5		0.8	1.5	V
I <sub>OH</sub>	High Level Output Current																			mA
I <sub>OL</sub>	Low Level Output Current																			mA
V <sub>OC</sub>	Open-Circuit Output Voltage																			V
I <sub>CC</sub>	Supply Current																			mA

## Truth Tables (Continued)

LS49

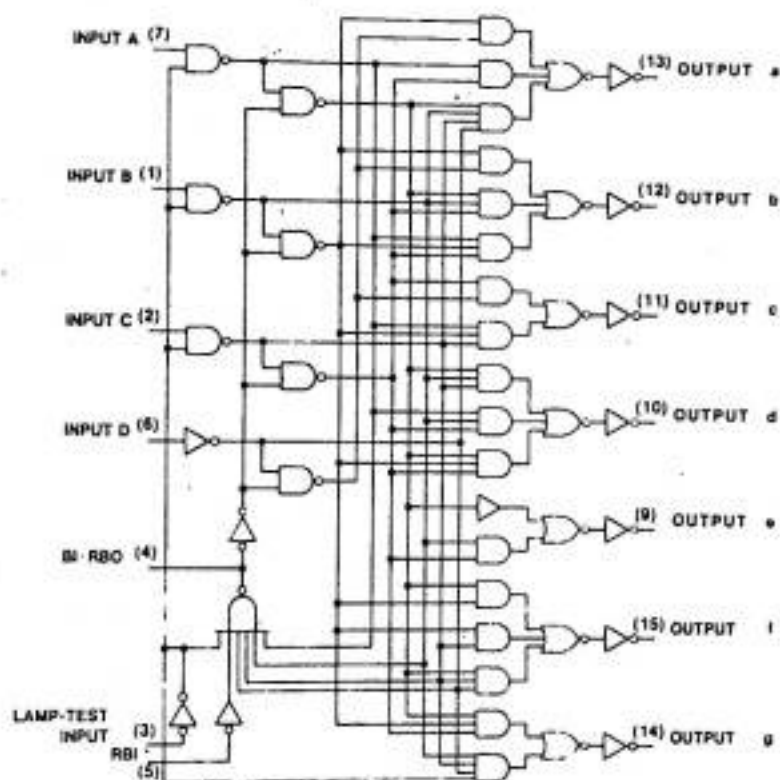
Decimal or Function	Inputs					Outputs							Note
	D	C	B	A	BI	a	b	c	d	e	f	g	
0	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	L	(1)
1	L	L	L	H	H	L	H	H	L	L	L	L	
2	L	L	H	L	H	H	H	L	H	H	L	H	
3	L	L	H	H	H	H	H	H	H	L	L	H	
4	L	H	L	L	H	L	H	H	L	L	H	H	
5	L	H	L	H	H	H	L	H	H	L	L	H	
6	L	H	H	L	H	L	L	H	H	H	H	H	
7	L	H	H	H	H	H	H	H	L	L	L	L	
8	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	
9	H	L	L	H	H	H	H	H	L	L	L	H	
10	H	L	H	L	H	L	L	L	H	H	L	H	
11	H	L	H	H	H	L	L	H	H	L	L	H	
12	H	H	L	L	H	L	H	L	L	L	L	H	
13	H	H	L	H	H	H	L	L	H	L	L	H	
14	H	H	H	L	H	L	L	L	H	H	H	H	
15	H	H	H	H	H	L	L	L	L	L	L	L	
BI	X	X	X	X	L	L	L	L	L	L	L	L	(2)

Note 1: The blanking input (BI) must be open or tied at a high logic level when output functions 0 through 15 are desired.

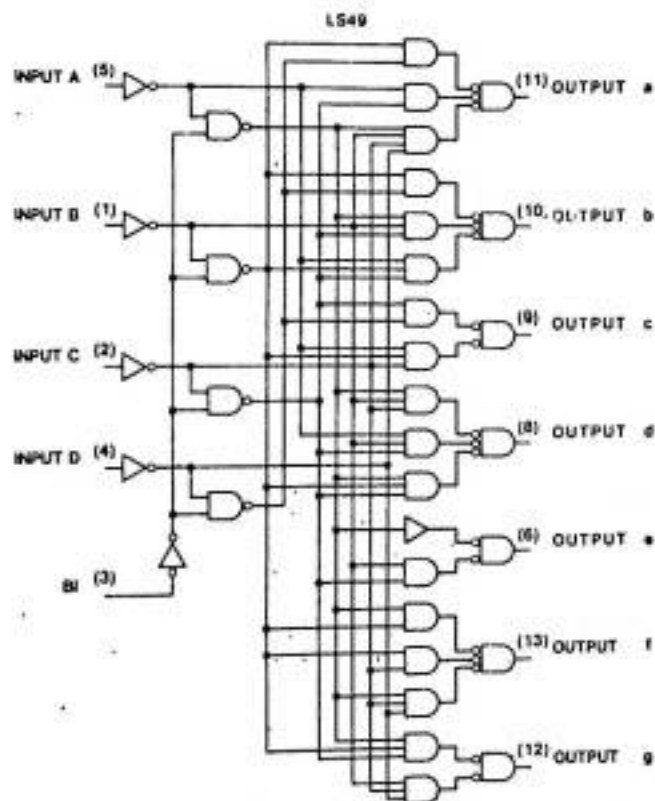
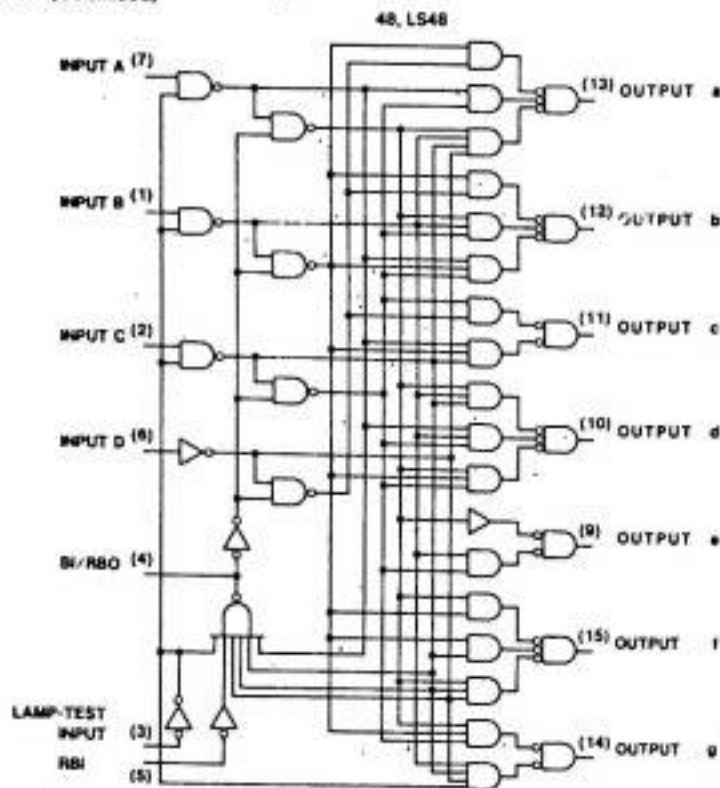
Note 2: When a low logic level is applied directly to the blanking input (BI), all segment outputs are low regardless of the level of any other input.  
H = High Level, L = Low Level, X = Don't Care

## Logic Diagrams

46A, LS47



Logic Diagrams (Continued)

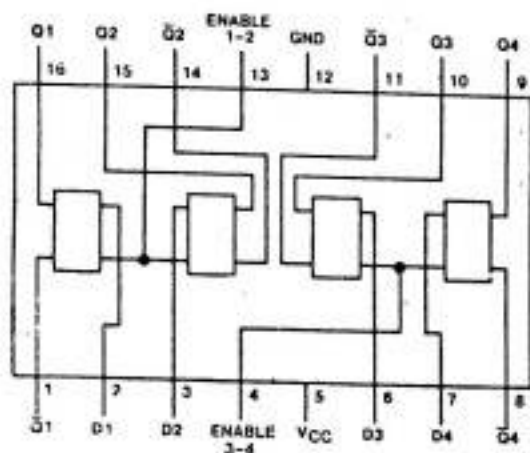


**General Description**

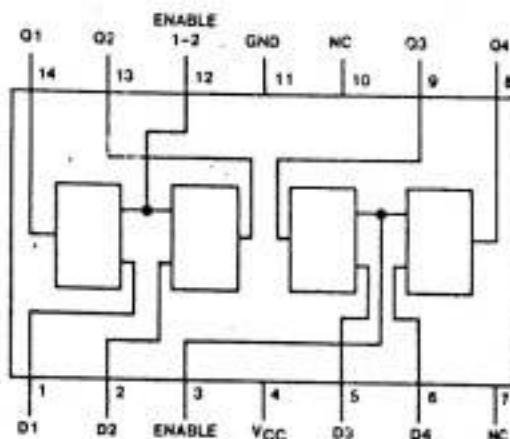
These latches are ideally suited for use as temporary storage for binary information between processing units and input/output or indicator units. Information present at a data (D) input is transferred to the Q output when the enable (G) is high, and the Q output will follow the data input as long as the enable remains high. When the enable goes low, the information (that was present at the data input at the time the transition occurred) is retained at the Q output until the enable is permitted to go high.

The DM5475/DM7475, DM54L75A/DM74L75A, and DM54LS75/DM74LS75 feature complementary Q and  $\bar{Q}$  outputs from a 4-bit latch, and are available in 18-pin packages. For higher component density applications, the DM54LS77/DM74LS77 4-bit latches are available in 14-pin flat packages (only).

**Connection Diagrams**



5475 (J,W); 7475 (N)      54L75A (J,W); 74L75A (N)  
54LS75 (J,W)              74LS75 (N)



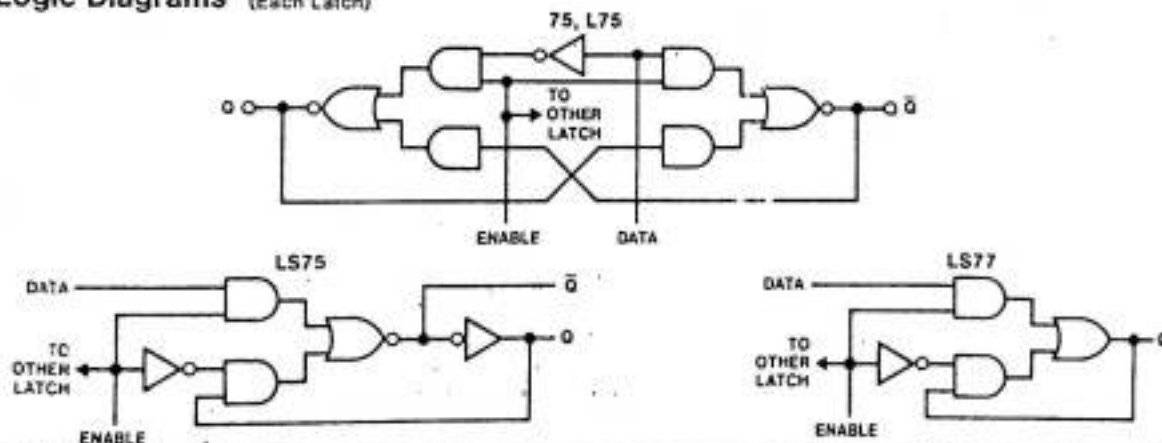
54LS77 (W); 74LS77 (W)

**Truth Table (Each Latch)**

Inputs		Outputs	
D	G	Q	$\bar{Q}$
L	H	L	H
H	H	H	L
X	L	$Q_0$	$\bar{Q}_0$

H = High Level, L = Low Level, X = Don't Care  
 $Q_0$  = The Level of Q Before the High to Low Transition of G

**Logic Diagrams (Each Latch)**



Electrical Characteristics (over recommended operating free air temperature range unless otherwise noted)

Parameter	Conditions	DM54/74			DM54/74			DM54/74			Units	
		75			L75A			LS75, LS77				
		Min	Typ (1)	Max	Min	Typ (1)	Max	Min	Typ (1)	Max		
V <sub>IH</sub>	High Level Input Voltage	2			2			2			V	
V <sub>IL</sub>	Low Level Input Voltage			0.8			0.7			0.8	V	
V <sub>I</sub>	Input Clamp Voltage			0.8			0.7			0.8	V	
				-1.5			N/A			-1.5	V	
I <sub>OH</sub>	High Level Output Current			-400			-200			-400	μA	
V <sub>OH</sub>	High Level Output Voltage	V <sub>CC</sub> = Min	I <sub>I</sub> = -12 mA								V	
		V <sub>CC</sub> = Min	I <sub>I</sub> = -18 mA								V	
I <sub>OL</sub>	Low Level Output Current	V <sub>CC</sub> = Min, V <sub>IH</sub> = 2 V		2.4	3.4	2.4	3.4	2.5	3.5	2.5	3.5	V
		V <sub>IH</sub> = Max, I <sub>OH</sub> = Max		2.4	3.4	2.4	3.4	2.7	3.5	2.7	3.5	V
V <sub>OL</sub>	Low Level Output Voltage			16			2			4	mA	
				16			3.6			8	mA	
I <sub>I</sub>	Input Current at Maximum Input Voltage	V <sub>CC</sub> = Min, V <sub>IH</sub> = 2 V, V <sub>IL</sub> = Max	I <sub>OL</sub> = 4 mA							0.25	0.4	V
		V <sub>CC</sub> = Max		0.2	0.4	0.2	0.4	0.3	0.4	0.25	0.4	V
				0.2	0.4	0.2	0.4	0.2	0.4	0.35	0.5	V
I <sub>st</sub>	High Level Input Current	V <sub>I</sub> = 5.5 V		1			0.2					mA
		V <sub>I</sub> = 7 V		1			0.4					mA
				80						20		μA
				80						40		μA
I <sub>IL</sub>	Low Level Input Current	V <sub>I</sub> = 2.4 V										μA
		V <sub>I</sub> = 2.7 V										μA
		V <sub>I</sub> = 0.3 V		-3.2						-0.36		mA
		54L/74L		-3.2						-0.72		mA
		Others		-55	-3	-9	-15	-20	-100	-100		mA
I <sub>OS</sub>	Short Circuit Output Current	V <sub>CC</sub> = Max (2)		-55	-3	-9	-15	-20	-100	-100		mA
I <sub>CC</sub>	Supply Current			-55	-3	-9	-15	-20	-100	-100		mA
				32	46	32	46	3.5	5.0	6.3	12	mA
				32	50	32	50	3.5	5.0	6.3	12	mA
				32	50	32	50	3.5	5.0	6.3	13	mA



## Decade, Divide by 12, and Binary Counters

### General Description

Each of these monolithic counters contains four master-slave flip-flops and additional gating to provide a divide-by-two counter and a three-stage binary counter for which the count cycle length is divide-by-five for the 90A, L90, and LS90, divide-by-six for the 92A and LS92, and divide-by-eight for the 93A, L93, and LS93.

All of these counters have a gated zero reset and the 90A, L90, and LS90 also have gated set-to-nine inputs for use in BCD nine's complement applications.

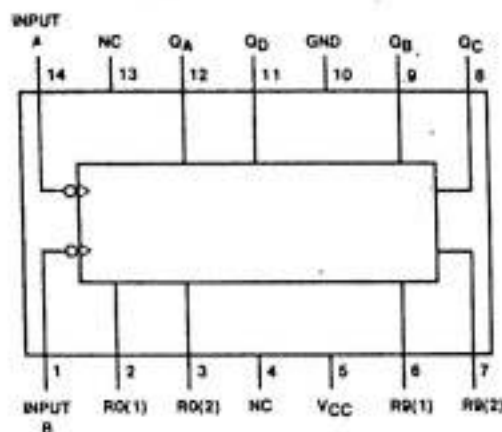
To use their maximum count length (decade, divide-by-twelve, or four-bit binary), the B input is connected to the  $Q_A$  output. The input count pulses are applied to input A and the outputs are as described in the appropriate truth table. A symmetrical divide-by-ten count can be obtained from the

90A, L90, or LS90 counters by connecting the  $Q_D$  output to the A input and applying the input count to the B input which gives a divide-by-ten square wave at output  $Q_A$ .

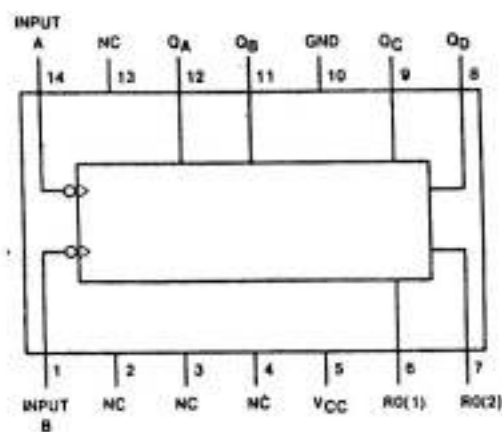
### Features

Type	Typical Power Dissipation	Count Frequency
90A	145 mW	42 MHz
L90	20 mW	11 MHz
LS90	45 mW	42 MHz
92A, 93A	130 mW	42 MHz
LS92, LS93	45 mW	42 MHz
L93	16 mW	15 MHz

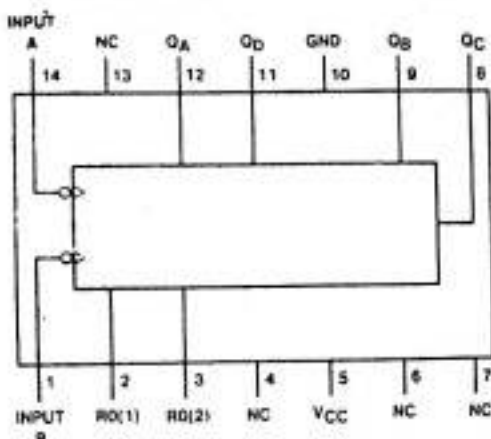
### Connection Diagrams



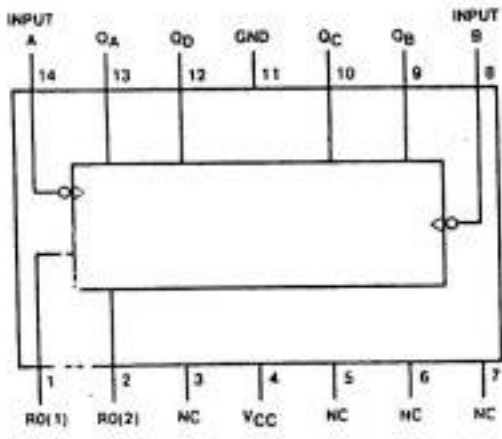
5490A (J,W)                      7490A (N)  
 54L90 (J,W)                     74L90 (N)  
 54LS90 (J,W)                  74LS90 (N)



5492A (J,W)                      7492A (N)  
 54LS92 (J,W)                  74LS92 (N)



5493A (J,W)                      7493A (N)  
 54LS93 (J,W)                  74LS93 (N)



54L93 (J,W); 74L93 (N)

**Electrical Characteristics** over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

Parameter	Conditions	DM54/74 90A, 92A, 93A			DM54/74 L90, L93			DM84/74 LS90, LS92, LS93			Units
		Min	Typ (1)	Max	Min	Typ (1)	Max	Min	Typ (1)	Max	
$V_{IH}$	High Level Input Voltage	2									V
$V_{IL}$	Low Level Input Voltage			0.8			0.7			0.8	V
$V_I$	Input Clamp Voltage			0.8			0.7			0.8	V
$I_{OH}$	High Level Output Current			-1.5			N/A			N/A	V
$V_{OH}$	High Level Output Voltage			-800			N/A			N/A	V
$I_{OL}$	Low Level Output Current						-200			-400	$\mu$ A
$V_{OL}$	Low Level Output Voltage	$V_{CC} = \text{Min}$									
		$V_{CC} = \text{Min}, V_{IH} = 2\text{ V}$	2.4	3.4	2.4	2.4	2.4	2.5	3.4	3.4	V
		$V_{IL} = \text{Max}, I_{OH} = \text{Max}$	2.4	3.4	2.4	2.4	2.4	2.7	3.4	3.4	V
			DM54	DM74	DM54	DM74	DM54	DM74	DM54	DM74	DM54
$I_I$	Input Current at Maximum Input Voltage	$V_{CC} = \text{Min}$									
		$V_{IH} = 2\text{ V}$									
		$V_{IL} = \text{Max}$									
			DM54	DM74	DM54	DM74	DM54	DM74	DM54	DM74	DM54
$I_{IH}$	High Level Input Current	Any Reset									
		A Input									
		B Input									
			1	1	1	1	1	1	0.1	0.1	0.1
$I_{IL}$	Low Level Input Current	Any Reset									
		A Input									
		B Input									
			40	80	80	120	40	80	10	20	20
$I_{OS}$	Short Circuit Output Current	Any Reset									
		A Input									
		B Input									
			-1.6	-3.2	-3.2	-4.8	-1.6	-3.2	-0.18	-0.36	-0.36
$I_{CC}$	Supply Current	Any Reset									
		A Input									
		B Input									
			26	29	29	39	26	29	5.5	9	9



TYPE	USE	MATERIAL	POLARITY	MAXIMUM RATINGS					ELECTRICAL CHARACTERISTICS										
				Pc 25°C (mW)	Tj (°C)	Vce (V)	Vce(sat) (V)	Ic (mA)	f <sub>osc</sub>			Tj	SWITCHING			C <sub>oss</sub> (pF)	C <sub>ce</sub> (pF)	OUTLINE NO.	NO.
									I <sub>cm</sub> (mA)	V <sub>ce</sub> (V)	f <sub>max</sub> (MHz)		T <sub>1</sub> (μs)	t <sub>on</sub> (μs)	t <sub>off</sub> (μs)				
2N696		S	N	600			40	150											
2N697		S	N	600			40	150											
2N698		S	N	800			40	150											
2N699		S	N	600			60	150											
2N735		S	N	500			60	150											
2N735A		S	R	500			60	10											
2N736		S	N	500			60	10											
2N736B		S	N	500			60	10											
2N742		S	N	600			60	10											
2N751		S	N	800			30	150											
2N771		S	N	800			50	150											
2N789		S	N	800			50	150											
2N789A		S	N	800			60	150											
2N789J		S	N	800			80	150											
2N796		S	N	800			80	150											
2N799		S	N	600			25	30											
2N2192		S	N	800			75												
2N2192A		S	N	800			40	150											
2N2192B		S	N	800			40	150											
2N2193		S	N	800			50												
2N2193A		S	N	800			50												
2N2194		S	N	800			40	150											
2N2194A		S	N	800			40	150											
2N2195		S	N	800			25												
2N2195A		S	N	800			25												
2N2216		S	N	800			30	500											
2N2218A		S	N	800			40	500											
2N2219		S	N	800			30	500											
2N2219A		S	N	800			40	500											
2N2221		S	N	500			30	500											
2N2221A		S	N	500			40	500											
2N2222		S	N	500			30	500											
2N2222A		S	N	500			40	500											
2N2243		S	N	800			80	150											
2N2243A		S	N	800			80	150											
2N2868		S	N	600			40	150											
2N2890		S	N	5W			80	2A											
2N2891		S	N	5W			80	2A											
2N3053		S	N	1W			40	150											
2N3414		S	N	200			25	50											
2N3415		S	N	200			25	50											
2N3416		S	N	200			50	50											
2N3417		S	N	200			50	50											
2N3707		S	N	360			30	10											
2N3708		S	R	360			30	10											
2N3709		S	N	360			30	10											
2N3710		S	N	360			30	10											
2N3711		S	N	360			30	10											
2N3903		S	N	310			40	10											
2N3904		S	N	310			40	10											
2N4123		S	N	350			30	50											
2N4124		S	N	350			25	50											
2N5449		S	N	360			30	100											
2N5450		S	N	360			30	100											
2N5451		S	N	360			20	100											
EC107A		S	N	360			45	100											

TYPE	TOSHIBA	NEC	HITACHI	FUJITSU	MATSUSHITA	(1)MITSUBISHI (4)SANRAN	(2)SONY (5)MOTOROLA	(3)SANYO (6)T.I.	(7)FUJI DENKI
2K696		25C1666							
2K697		25C1666		25C1412	25C1347				
2K698	25C1382	25C138	25C1385	25C1412	25C1347				
2K699	25C2235			25C826	25C1852	(1)25C2602	(2)25C352		
2K735	25C2229					(1)25C307	(2)25C353		
2K735A	25C788		25C2543	25C2051			(2)25C126		
2K736	25C788					(1)25C2602	(2)25C126		
2K736B	25C788						(2)25C126		
2K1420	25C498								
2K1613	25C1382	25C138	25C1385	25C826	25C1852	(1)25C2602	(2)25C352		
2K1711	25C1382	25C138	25C1385	25C826	25C1852	(1)25C2602	(2)25C352		
2K1689	25C1382	25C138				(1)25C2602			
2K1890	25C1382	25C138	25C1385	25C826	25C1852	(1)25C2602			
2K1893	25C2235					(1)25C307	(2)25C353		
2K1866		25C2217			25C2206		(2)25C1908		
2K1990									
2K2122		25C138	25C1385	25C826		(1)25C2602	(2)25C352		
2K2192		25C138	25C1385	25C826		(1)25C2602	(2)25C352		
2K2193									
2K2193A									
2K2193B		25C138	25C1385	25C826		(1)25C2602	(2)25C352		
2K2194A									
2K2194B									
2K2218	25C1959	25C2001		25C2067	25C1976	(1)25C2131			
2K2219A		25C1996			25C1973	(1)25C2131			
2K2219B	25C1959	25C2001		25C2067	25C1976	(1)25C2131			
2K2219C		25C1996			25C1973	(1)25C2131			
2K2221	25C1959	25C2001		25C2067	25C1976	(1)25C2131			
2K2221A		25C1996		25C1996	25C1973	(1)25C2131			
2K2222	25C1959	25C2001		25C2067	25C1976	(1)25C2131			
2K2222A		25C1996			25C1973	(1)25C2131			
2K2243	25C2235					(1)25C307			
2K2243A	25C2235					(1)25C307			
2K2869		25C1166			25C1509				
2K2890				25C2029	25C2034	(1)25C2078			
2K2891				25C2029	25C2034	(3)25C2078			
2K3053	25C2230			25C2311	25C2264				
2K3414	25C2349				25C2188				
2K3415	25C2349				25C2188				
2K3416		25C1844	25C2308		25C2406				
2K3417		25C1844	25C2309		25C2406				
2K3707					25C2206				
2K3708					25C2206				
2K3709					25C2206				
2K3710			25C2396		25C2206				
2K3711			25C2396		25C1653				
2K3903			25C2401						
2K3904			25C2401						
2K4123			25C2401						
2K4124									
2K5449			25C2401						
2K5450			25C2401						
2K5451		25C1457		25C1264	25C1853				
2K5452					25C1852				
2K107A									

Student's *t* Distribution (Continued)

Degree of freedom, <i>n</i>	Probability of a deviation greater than <i>t</i>				
	0.05	0.1	0.25	0.5	1.0
1	63.657	31.821	12.706	6.314	3.078
2	9.925	6.965	4.303	2.920	1.886
3	5.841	4.541	3.182	2.353	1.638
4	4.604	3.747	2.776	2.132	1.533
5	4.032	3.365	2.571	2.015	1.476
6	3.707	3.143	2.447	1.943	1.440
7	3.499	2.998	2.365	1.895	1.415
8	3.355	2.896	2.306	1.860	1.397
9	3.250	2.821	2.262	1.833	1.383
10	3.169	2.764	2.228	1.812	1.372
11	3.106	2.718	2.201	1.796	1.363
12	3.055	2.681	2.179	1.782	1.356
13	3.012	2.650	2.160	1.771	1.350
14	2.977	2.624	2.145	1.761	1.345
15	2.947	2.602	2.131	1.753	1.341
16	2.921	2.583	2.120	1.746	1.337
17	2.898	2.567	2.110	1.740	1.333
18	2.878	2.552	2.101	1.734	1.330
19	2.861	2.539	2.093	1.729	1.328
20	2.845	2.528	2.086	1.725	1.325
21	2.831	2.518	2.080	1.721	1.323
22	2.819	2.508	2.074	1.717	1.321
23	2.807	2.500	2.069	1.714	1.319
24	2.797	2.492	2.064	1.711	1.318
25	2.787	2.485	2.060	1.708	1.316
26	2.779	2.479	2.056	1.706	1.315
27	2.771	2.473	2.052	1.703	1.314
28	2.763	2.467	2.048	1.701	1.313
29	2.756	2.462	2.045	1.699	1.311
30	2.750	2.457	2.042	1.697	1.310
∞	2.576	2.326	1.969	1.645	1.282

The probability of a deviation numerically greater than *t* is twice the probability given at the head of the table.

\* This table is reproduced from *Statistical Tables for Engineers*, with the generous permission of the author, Professor H. A. F. ... and the publishers, Messrs. Oliver and Boyd.

Degree of freedom, <i>n</i>	Probability of a deviation greater than <i>t</i>				
	2	.25	.5	.75	1.0
1	1.376	1.000	.727	.510	.325
2	1.061	.816	.617	.445	.289
3	.978	.765	.584	.424	.277
4	.941	.741	.569	.414	.271
5	.920	.727	.559	.405	.267
6	.906	.718	.553	.404	.265
7	.896	.711	.549	.402	.263
8	.889	.706	.546	.399	.262
9	.883	.703	.543	.398	.261
10	.879	.701	.542	.397	.260
11	.876	.699	.540	.396	.260
12	.873	.698	.539	.395	.259
13	.871	.697	.538	.394	.259
14	.869	.697	.537	.393	.258
15	.868	.696	.536	.393	.258
16	.865	.696	.535	.392	.258
17	.863	.695	.534	.392	.257
18	.862	.695	.534	.392	.257
19	.861	.695	.533	.391	.257
20	.860	.695	.533	.391	.257
21	.859	.695	.532	.391	.257
22	.858	.695	.532	.390	.256
23	.858	.695	.532	.390	.256
24	.857	.695	.531	.390	.256
25	.856	.694	.531	.390	.256
26	.856	.694	.531	.390	.256
27	.855	.694	.531	.389	.256
28	.855	.693	.530	.389	.256
29	.854	.693	.530	.389	.256
30	.854	.693	.530	.389	.256
∞	.842	.674	.524	.383	.253

The probability of a deviation numerically greater than *t* is twice the probability given at the head of the table.