

PPGM — L 104 - 76

107700079

**PEMBUATAN PROTOTYPE ALAT SKALA  
DASAAN (DECADE SCALER)**

Rill Isaris

Widodo Priyodiprojo



**BADAN TENAGA ATOM NASIONAL  
PUSAT PENELITIAN TENAGA ATOM GAMA  
YOGYAKARTA — INDONESIA**

We regret that some of the pages in the microfiche  
copy of this report may not be up to the proper  
legibility standards, even though the best possible  
copy was used for preparing the master fiche.

Teknik dan Teknologi  
Peralatan  
Efek Radiasi pada Instrumen, Komponen dan Piranti Elektronika

PPGM - L 104 - 76

PEMBUATAN PROTOTYPE ALAT SKALA  
DASAAN (DECADE SCALER)

R i l l I s a r i s  
Widodo Priyodiprojo

1976

Badan Tenaga Atom Nasional  
PUSAT PENELITIAN TENAGA ATOM GAMA  
Jl. Babarsari Kotakpos 8 Telepon 3661  
Yogyakarta - Indonesia

## A B S T R A K

Paper ini mengemukakan suatu Alat Skala Dasaran yang sederhana dengan memakai peranti dan komponen yang terdapat di pasaran. Juga dibicarakan mengenai desain sistem yang terdiri dari untai penguat, untai pembentuk pulsa, sistem pencacah, penyedia tegangan rendah dan tegangan tinggi.

Jumlah pulsa yang dicacah ditampilkan dalam enam angka atau jumlah cacah maximum 999 999 mempergunakan peranti LED.

Alat ini dapat dipakai dengan detektor *Scintillator* atau detektor *Geiger Muller*.

## A B S T R A C T

This paper describes <sup>A</sup> prototype of a simple Decade Scaler of commercial devices and components. <sup>is described.</sup> ~~It is also discussed~~ <sup>T</sup> the design of the system consisting of amplifier, pulse shaper, counting system, low voltage and high voltage supply, <sup>are also discussed.</sup>

The number of pulses counted are indicated on six digits, varying to a maximum of 999 999 counts, using LED device.

This Apparatus may be interconnected with Scintillation and Geiger Muller detectors.

## DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	iii
BAB I PENDAHULUAN	1
BAB II CARA KERJA ALAT	3
BAB III DESAIN SISTEM DAN PEMBUATAN UNIT-UNIT	15
BAB IV PENGAMATAN KARAKTERISTIK UNIT & SISTEM	18
Tabel 1	19
Tabel 2	20
DAFTAR PUSTAKA	21

## BAB. I. PENDAHULUAN

Alat skala dasaan (*decade scaler*) secara umum dapat dipergunakan untuk mengukur tingkat radiasi (*intensitas*) yaitu jumlah warta yang diterima dari suatu detektor nuklir yang terpasang secara extern. Warta diproses secara elektronis kemudian dicacah dengan suatu untai pencacah dan ditampilkan dalam permainan bilangan dasaan. Alat skala ini dapat dipasang sebagai salah satu unit sistem pendeteksian radiasi.

Tinggi warta dari detektor tergantung pada jenis detektor yang dipergunakan, dan hal ini sangat penting diperhatikan dalam memproses warta sehingga warta dapat dicacah.

Pada taraf pertama pembuatan alat ini ditekankan pada sangupnya alat bekerja sebagai pencatat radiasi dan taraf selanjutnya peningkatan kemampuan alat. Di dalam proses pembuatan alat ini dikemukakan beberapa pembatasan sebagai berikut :

1. Alat didesain dengan peranti dan komponen-komponen yang dijual di pasaran.
2. Sistem dibuat modul (*sub sistem*) demi modul.
3. Sistem pengala (*timer*) untuk mengatur selang waktu pencacahan untuk taraf permulaan merupakan sistem extern.
4. Alat didisain hanya dengan memakai detektor *Scintillator* dan detektor *Geiger Muller*.

Beberapa spesifikasi alat skala yang penting untuk menunjukkan kemampuannya adalah sebagai berikut :

1. Kapasitas cacah, hal ini menyangkut jumlah *digit* yang tersedia.
2. Daya pisah pasangan pulsa, jarak dua warta yang masih mampu dibeda-

kan. Hal ini menentukan tingkat cacah alat.

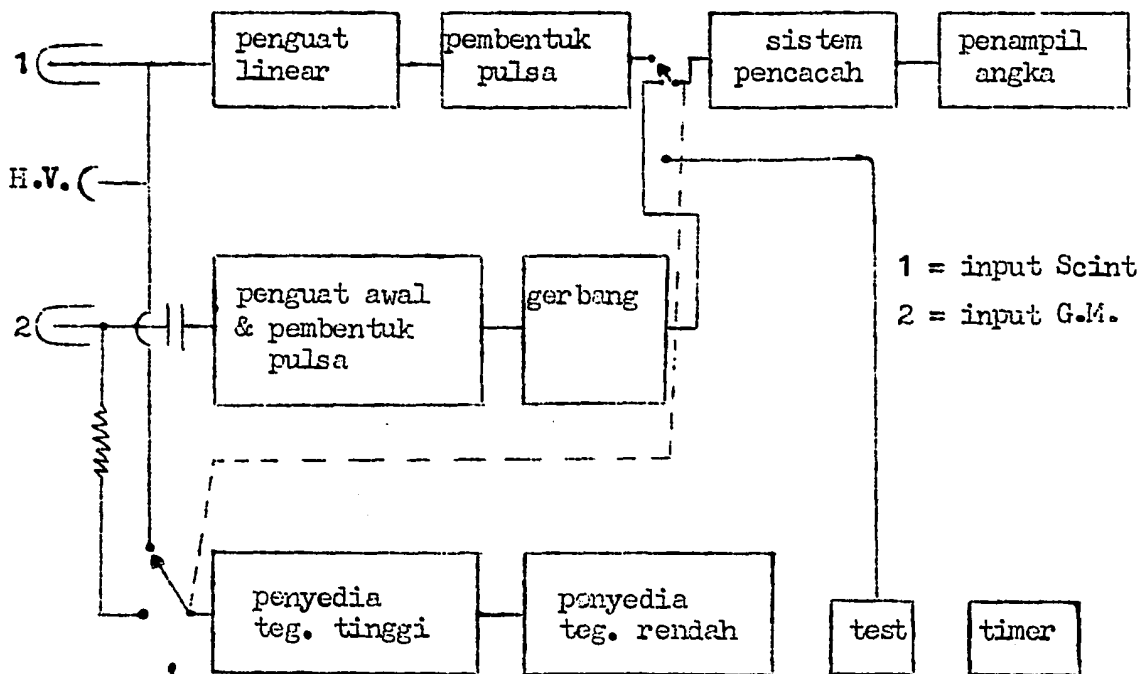
3. *Sensitivitas input*, tinggi warta minimum yang setelah diproses masih dapat dicacah oleh pencacah.
4. Jangkau frekuensi sistem penguat, hal ini menyangkut nilai penguatan yang dapat dihasilkan sistem penguat, hal ini juga memberikan pembatasan pada tingkat cacah.

Sudah tentu pembatasan-pembatasan tersebut di atas harus dikembalikan pada desain sistem demi sistem di dalam alat.

## BAB II. CARA KERJA ALAT

Pencacahan berlangsung jika ada warta yang diterima dari detektor nuklir, jumlah pencacahan akan sesuai dengan jumlah radiasi yang terjadi dalam detektor tersebut yang menghasilkan tinggi warta tertentu.

Diagram blok sistem ini dapat dilihat pada gambar 1 sbb.:



Gambar 1 Diagram blok Alat skala dasaan



Sistem mempunyai dua saluran input masing-masing untuk pemakaian detektor *Scintillator* dan detektor *G.M.* Detektor *Scintillator* ditetapkan mempunyai untai penguat awal sendiri, dengan demikian hanya diperlukan untai penguat tegangan dan pembentuk pulsa pada saluran 1. Pada saluran 2 yang memakai detektor *G.M.* hanya diperlukan untai penguat awal dan pembentuk pulsa saja mengingat tinggi warta detektor ini sudah mencapai  $\pm 5$  volt. Sistem gerbang untuk mengatur lama cacah dikendalikan oleh untai pengala dari luar sistem.

Untai penguat awal berfungsi sebagai penyesuai *impedans* diantara untai detektor dengan *impedans* tinggi dan untai penguat atau pembentuk pulsa yang mempunyai *impedans* input yang jauh lebih rendah. Untuk keperluan ini dapat dipergunakan suatu untai *emitter follower* satu tingkat dengan komponen transistor, atau jika diinginkan *impedans* input yang lebih tinggi dipakai *FET*.

Secara pendekatan sifat-sifat yang penting dari untai ini adalah : Penguatan tegangan  $A_V \approx 1$

$$R_i = \frac{R_L}{1 - \alpha}$$

$$R_o = r_e + (1 - \alpha)(R_S + r_b)$$

dengan  $R_S =$  resistans sumber

$r_e =$  resistans bahan emiter

$r_b =$  resistans bahan basis

$\alpha =$  faktor penguatan transistor basis bersama.

Pemilihan nilai yang tinggi akan lebih memperluas *transformasi resistans*, juga *respons* frekuensi transistor perlu mendapat perhatian. Untai ini tidak memperkuat warta dan tidak merubah atau menggeser fase

warta.

Setelah penyesuaian *impedans* warta diperkuat dengan suatu untai penguat tegangan (untuk saluran 2 untai penguat tak diperlukan). Sebagai penguat tegangan sering dipakai *konfigurasi* emiter bersama ke emiter bersama, penguat dibuat beberapa tingkat jika diinginkan penguatan yang lebih tinggi.

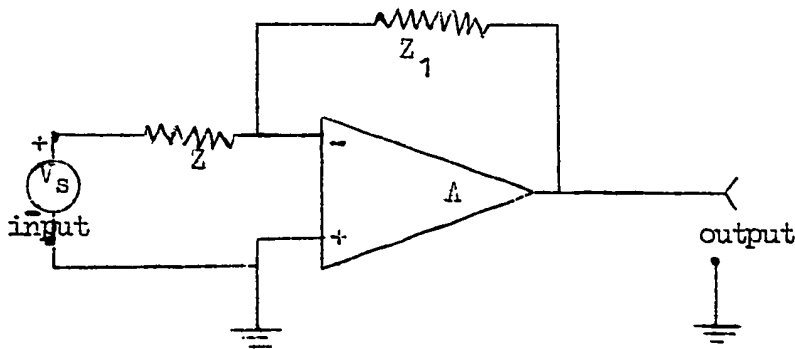
Penguatan harus dipilih sedemikian hingga warta setelah diperkuat masih lebih tinggi daripada *level triggering* untai pembentuk pulsa.

Sebagai untai penguat yang dapat bekerja dengan baik hendaklah dipenuhi syarat-syarat ideal sbb.:

1. Stabilitas yang tinggi terhadap pengaruh temperatur dan beban.
2. Jangkau frekuensi yang luas dan kestabilan penguatan sepanjang jangkau ini. Untuk alat ini cukup dengan suatu *video amplifier*.
3. Kebal terhadap derau.
4. Keandalan yang tinggi.

Jika diinginkan kestabilan dan kemampuan yang lebih tinggi maka lebih baik memakai penguat operasionil (*operational amplifier*) daripada desain komponen *diskrit* tingkat demi tingkat.

Suatu penguat operasionil memiliki sistem loloh balik yang dapat mengontrol *respons karakteristiknya*, sedang penguatan dapat diatur dari luar peranti. Skema untai penguat operasionil dapat dilihat pada gambar 2. Penguat dalam hal ini dipakai sebagai *transformasi* tegangan, dengan demikian nilai  $Z_1/Z$  haruslah riil.



Gambar 2 Skema untai penguat operasionil

Penguatan untai ini adalah :

$$A_{vf} = \frac{-1/Z}{1/Z_1 - A_v(1/Z_1 + 1/Z + 1/Z_i)}$$

Jika penguat memiliki "open loop gain"  $A_v$  sangat tinggi maka secara pendekatan diperoleh :

$$A_{vf} = -\frac{Z_1}{Z}$$

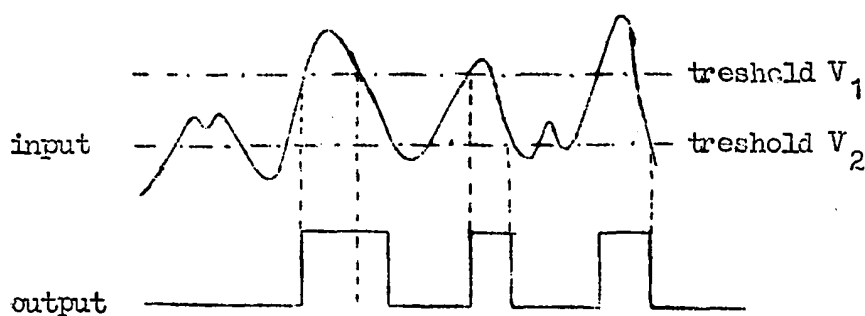
Sifat ini menguntungkan karena penguatan tak tergantung pada parameter-parameter penguat-nya sendiri, hal ini menambah kemantapan. Untuk mendapatkan penguatan yang lebih tinggi lagi dapat disusun penguat secara ganda. Penguatan total merupakan hasil ganda masing-masing penguatan. Dalam memilih penguat ini perlu juga diperhatikan *impedans input* dan *impedans output*, sebaiknya beban sama dengan *impedans output*.

Setelah penguatan warta atau penyesuaian *impedans* pada saluran 2, maka warta terlebih dahulu dibentuk menjadi pulsa persegi supaya dapat men-*trigger* untai pencacah berupa untai *bistable multivibrator*.

Sebagai pembentuk pulsa dapat dipakai untai *monostable multivibrator* (*one shot*) atau *Trigger Schmitt*. Pada jenis pertama lebar pulsa dapat diatur dengan nilai suatu *RC* yang terpasang. Jenis kedua sering dipakai untuk keperluan ini. Untai memiliki dua taraf *trigger* sebagai tegangan ambang (*threshold voltage*). Jika warta pada input memotong *threshold* ini maka dengan segera output berganti keadaan secara tajam (*abrupt*) dan terbentuk gelombang persegi yang lebih sempit.

Kestabilan nilai *threshold* ini sangat diperlukan untuk menjaga perlakuan yang sama terhadap warta yang masuk, dan tidak memberi sumbangan kesalahan cacah pada alat pencacah. Juga diharapkan nilai *threshold* yang cukup rendah dan kekebalan terhadap derau.

Gambar 3 menunjukkan *karakteristik* pemindahan (*transfer characteristic*) untai *Trigger Schmitt* ini.



Gambar 3 Karakteristik pemindahan Trigger Schmitt

Warta yang lebih rendah terhadap  $V_1$  tidak akan tercatat, dan juga ada batas cacah maximum warta yang dapat diterima untai. Nilai pengurangan  $V_1 - V_2$  disebut *hysteresis*. *Monostable Multivibrator (one shot)* juga mempunyai nilai *threshold*, keadaan mana menentukan perubahan taraf outputnya.

Operasi selanjutnya adalah pencatatan jumlah pulsa-pulsa yang keluar dari pembentuk pulsa. Pencacahan dilakukan dengan sistem pencacah elektronis (*electronic counter*). Sistem dapat memakai bermacam-macam saklar elektronik, misalnya diode, kontak relay, flip flop dan *magnetic core*. Untuk sistem ini dipergunakan flip flop atau *bistable multivibrator*. Untai *bistable* akan tetap dalam keadaannya pada salah satu keadaan stabil sampai ada *trigger* yang masuk (pulsa). *Triggering* menyebabkan berubahnya output ke-keadaan stabil kedua, dan tidak berubah sampai ada *trigger* selanjutnya, atau dengan kata lain output hanya berubah keadaan setiap ada pulsa yang datang. Dua keadaan stabil tersebut di atas berupa nilai tegangan (taraf tegangan), taraf tegangan rendah (0") dan taraf tegangan yang relatif lebih tinggi (1").

Dengan demikian flip flop dapat dipakai sebagai alat penghitung jumlah dengan bilangan dasar (*radix*) = 2, atau disebut sistem binary.

Hitungan secara binary untuk tiga angka dapat ditulis sbb. :

Hitungan desimal	hitungan binary
0	0 0 0
1	0 0 1
2	0 1 0
3	0 1 1
4	1 0 0
5	1 0 1
6	1 1 0
7	1 1 1

Tiga angka (*digit*) hanya dapat menghitung sampai bilangan 7 kemudian semua angka kembali ke keadaan semula (000).

Jika flip flop dipakai sebagai alat penghitung, maka jumlah flip flop minimum ( $n$ ) yang diperlukan untuk mencacah bilangan  $N$  harus memenuhi sangkutan sbb. :

$$(2)^n > N$$

Dengan demikian untuk pencacahan dasaan (*decade counter*), sistem tersusun dari 4 buah flip flop, dan pada pencacahan ke sepuluh semua angka di reset kembali ke nol dengan suatu sistem *feedback gate* dengan suatu gerbang *NAND* dan suatu untai *latch* seperti terlihat pada gambar

4.



berupa untai terintegrasi banyak dijual di pasaran saat ini, misalnya jenis SN 7490 *Decade Counter* terdiri dari 4 *JK Master Slave FF*, 2 input, 4 output dan 4 *terminal direct reset* untuk mengemudikan sistem. Jelas untuk pencacahan sampai 6 angka diperlukan 6 buah *decade counter* yang dipasang secara seri.

Pencacahan dasaan dengan sistem binary atau *binary code decimal (BCD)* ini kemudian perlu dikonversi-kan ke bentuk kode desimal, sistem perubah kode ini dikenal sebagai "*decoder*". Dapat dikemukakan beberapa decoder sbb.:

1. *BCD to Decimal decoder*
2. *BCD to seven segment decoder.*

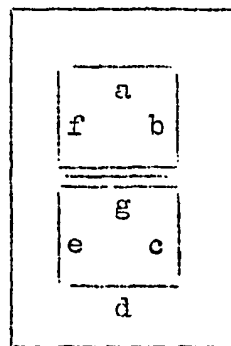
Jenis pertama meng-konversi-kan 4 input (4 output *BCD* dengan *komplement*-nya) menjadi 10 output yang bersesuaian dengan pencacahan bilangan desimal. Masing-masing output menerima perintah dari *BCD*, dan hanya satu output yang dapat bersesuaian dengan satu perintah *BCD* pada suatu saat.

Jenis kedua meng-konversikan 4 kode *BCD* menjadi 7 kode, dan kombinasi permainan 7 kode ini yang merupakan perintah *BCD* menghasilkan suatu kombinasi *segmen-segmen* yang membentuk angka desimal. Instruksi-instruksi dari *BCD* dioperasikan ke dalam untai *AND-NOR-INVERT* untuk mendapatkan 7 buah output. Di sini kombinasi output yang merupakan hasil pembacaan *BCD* dalam bentuk desimal. Untuk menampilkan permainan ini secara kasat mata dipergunakan suatu *seven segment LED. indicator* (gambar 5).



Tabel konversi BCD ke Seven segmen indicator adalah sbb.:

BCD Input				Count Decade	Output seven segment indicator						
D	C	B	A		a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1
0	0	1	0	2	0	0	1	0	0	1	0
0	0	1	1	3	0	0	0	0	1	1	0
0	1	0	0	4	1	0	0	1	1	0	0
0	1	0	1	5	0	1	0	0	1	0	0
0	1	1	0	6	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	7	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	9	0	0	0	1	1	0	0



Gambar 5 Seven segment LED Indicator

Segmen ke  $i$  ( $i = a, b, \dots, g$ ) akan nyala jika output ke  $i$  pada taraf 0", selain itu tidak nyala. Dengan demikian untuk suatu sistem pencacah dengan 6 angka diperlukan masing-masing 6 buah *Decade Counter*, *Decoder*, dan *Indicator* sebagai penampil angka.

Penyedia tegangan rendah diperlukan untuk supply seluruh untai, adapun nilai tegangan rendah yang diperlukan :

+ 5 volt, 2 A untuk untai penguat awal, pembentuk pulsa dan sistem pemecah.

$\pm 7,5$  V, 0,5 A, suatu Dual power supply untuk operasi untai penguat tegangan (*Opamp\**).

+ 12 volt, 1 A untuk supply penyedia tegangan tinggi.

Ada beberapa kondisi yang harus dimiliki oleh suatu penyedia tegangan mantap, antara lain :

1. Stabil terhadap perubahan tegangan input
2. Stabil terhadap pengaruh temperatur
3. Stabil terhadap variasi arus beban
4. Stabil sepanjang jangkauan waktu yang lama
5. Ripple kecil.

Untuk keperluan ini dapat di desain dengan komponen-komponen *diskrit* atau dengan untai terintegrasi.

Stabilisasi suatu penyedia daya dinyatakan sebagai :

$$\Delta V_o = \frac{\partial V_o}{\partial V_i} \Delta V_i + \frac{\partial V_o}{\partial I_L} \Delta I_L + \frac{\partial V_o}{\partial T} \Delta T$$

Nilai  $\Delta V_o$  diperoleh dari test sistem dalam tiga perubah ( $V_i$ ,  $I_L$ ,  $T$ ) dan menggambar kurve terhadap nilai  $V_o$ . Kestabilan dianggap baik jika nilai  $\Delta V_o$  sangat kecil.

Sebagai perlengkapan untuk operasi detektor nuklir diperlukan suatu penyedia tegangan tinggi dengan kemampuan beberapa ribu volt dan arus yang cukup rendah (= 1 mA).

Perencanaan dengan sistem *DC to DC Converter* sudah memadai untuk keperluan ini. Sebagai pembangkit gejala bolak balik dipakai untai *Free Running Blocking Oscillator*. Gelombang persegi yang timbul pada lilitan primer ditransformasikan oleh transformator batang *ferrit* ke sisi sekunder, tegangan yang timbul tergantung nilai banding kedua lilitan. Tegangan searah yang telah diperkuat dapat diperoleh kembali dengan memakai untai penapis. Tinggi gelombang persegi yang dikenakan pada lilitan primair dibatasi oleh keadaan jenuh pada teras transformator. Untuk menjaga kestabilan dipakai *feed back regulation* yang dapat mengontrol tegangan supply jika terjadi perubahan pada output. Rangkaian *feedback* ini juga dapat berfungsi sebagai pengatur nilai tegangan output dengan melalui suatu *voltage divider*. Frekuensi getar juga dapat dipakai untuk mengatur tegangan output, tapi lebih mudah dengan pengaturan melalui nilai tegangan supply ( $V_{cc}$ ).

### BAB III. DESAIN SISTEM DAN PEMBUATAN UNIT-UNIT

Secara lengkap unit-unit yang menyusun alat skala dasaan ini dapat dilihat pada gambar 6.

Sebagai untai *emitter follower* dipakai satu Transistor BC 108 dengan nilai beta sekitar 300,  $R_L = 3 \text{ K}$ , resistans bias pada terminal basis 1,5 M dan 1 M. Dengan demikian diharapkan nilai *impedans* input  $\approx 1 \text{ M}$  dan *impedans* output  $\approx 1 \text{ K}$ . Untuk maksud mempertinggi *impedans* input dan memperendah *impedans* output dipakai susunan *Darlington*. Untuk pembentuk pulsa merupakan suatu *one shot multivibrator* dengan memakai 3 untai  *NAND gates* (3/4 SN 7400). Lebar pulsa yang dihasilkan 0,5  $\mu\text{s}$  dan waktu perataan 0,01  $\mu\text{s}$ . Pada saluran input I (detektor *Scintillator*) sebelum masuk pembentuk pulsa diperkuat dengan memakai dua tingkat penguat operasional type LM 733 CW. Dengan mengatur  $P_{adj}$  diharapkan penguatan total = 2.000 kali. Jangkau frekuensi 120 MHz ( $A_v = 10$ ) atau 40 MHz ( $A_v = 400$ ), waktu bangkit dan waktu jatuh masing-masing 2,5 dan 3,6 nanosekon. Temperatur operasi 0 - 75 Celcius, arus output 10 mA. Resistans input penguat ini 4 K sedangkan resistans output sekitar 20 Ohm.

Sebagai sistem pencacah dasaan diperlukan suatu sistem yang terdiri atas untai *BCD (decade counter)* yakni type SN 7490, untai *Decoder* SN 7447 A, dan untai penampil angka (*indikator*) berupa *LED*, masing-masing 6 buah. Tegangan supply untuk sistem ini 5 volt, arus yang ditarik sekitar 550 mA. Reset secara manual dapat dilakukan dengan memindah saklar reset input (kaki 2 & 3) SN 7490 yang semula tersambung ke later menjadi tersambung ke tegangan bias + 5 volt.



Penyedia tegangan rendah didesain dari jenis *series regulator* berupa suatu *hybrid voltage regulator* type Ua 78xx, untuk keperluan tegangan 5 volt dan 12 volt, dan dengan komponen *diskrit* untuk tegangan  $\pm 7,5$  volt. Dua jenis yang pertama dapat menyediakan arus 1 A, sedang yang ketiga  $\pm 400$  mA.

Penyedia tegangan tinggi didisain untuk 3.000 volt dan arus kira-kira 1 mA, hal ini cukup mengingat untuk detektor diperlukan supply tegangan dan bukan supply arus. *Blocking Oscillator* dari satu transistor daya 2N 3055 dapat menyediakan arus sekitar 1 A. Sebagai transformator dipergunakan trafo *fly-back* TV batang *ferrit* dengan gulungan primer dirubah. Untuk regulation output diambil melalui gulungan pada sekunder, kemudian disearahkan dan masuk *amplifier error* serta *dc amplifier* untuk mengontrol tegangan bias pada bagian *Oscillatornya*.  $R_A$  adalah suatu *potensiometer* untuk mengatur nilai tegangan tinggi yang dikehendaki.

#### BAB IV. PENGAMATAN KARAKTERISTIK UNIT DAN SISTEM

Selama operasi alat temperatur akan naik, sehingga alat harus mampu mempertahankan kestabilan terhadap perubahan ini.

Beberapa *karakteristik* yang perlu diamati adalah :

1. Kestabilan penyedia tegangan rendah terhadap perubahan temperatur dan perubahan tegangan supply.
2. Kestabilan penyedia tegangan tinggi oleh perubahan temperatur.
3. Kalibrasi & kestabilan pembacaan cacah selama selang waktu operasi alat.

Hasil pengamatan pengaruh perubahan tegangan DC input dan perubahan temperatur terhadap perubahan tegangan output dicantumkan dalam tabel 1 dan tabel. 2. Perubahan tegangan output ( $\Delta V_o$ ) terhadap perubahan  $\pm 5$  volt tegangan DC input dan perubahan temperatur 20 Celcius untuk penyedia tegangan + 12 volt dan + 5 volt masing-masing adalah 0,31 volt dan 0,07 volt.

Hasil-hasil pengamatan terhadap *karakteristik* 2 dan 3 belum dapat diberikan saat ini laporan ini ditulis, akan diberikan pada laporan yang akan datang. Sistem pencacah telah bekerja dan dicoba dengan input dari suatu generator pulsa, dan operasi test cacah dengan cepat cacah 50 cps yang diambil dari frekuensi PIN telah berjalan baik.

Tabel 1

Perubahan tegangan output terhadap perubahan  
tegangan DC input dan temperatur

Tegangan DC input	Teg. Output	Temperatur	Teg. Output
11,60 V	5,14 V	28 C	5,14 V
12,33	5,15	29	5,14
13,06	5,15	30	5,14
13,80	5,15	31	5,14
14,69	5,15	32	5,14
15,43	5,15	33	5,14
16,24	5,15	34	5,14
17,04	5,15	35	5,13
17,75	5,15	36	5,13
18,87	5,16	37	5,13
19,79	5,16	38	5,12
20,09	5,16	39	5,12
20,37	5,16	40	5,12
		41	5,11
		42	5,11
		43	5,10
		45	5,09
		47	5,09
		49	5,08



Tabel 2

Perubahan tegangan output (12 volt) terhadap  
perubahan tegangan DC input dan temperatur

Tegangan DC input	Tegangan output	Temperatur	Tegangan Output
16,02 V	12,03 V	31 C	12,04
16,59	12,03	32	12,05
18,07	12,03	33	12,06
19,07	12,03	34	12,07
20,30	12,03	35	12,09
21,50	12,03	36	12,10
22,50	12,03	37	12,12
23,80	12,03	38	12,14
24,80	12,03	39	12,16
26,10	12,04	40	12,18
27,40	12,04	41	12,20
28,30	12,04	43	12,24
29,70	12,04	45	12,29
		47	12,29
		49	12,31
		51	12,34

## DAFTAR PUSTAKA

1. Herbst, L.J., *Discrete and Integrated Semiconductor Circuits*, Chapman and Hall Ltd, London EC 4.
2. Millman, J. Ph.D. and Halkias, C.C. Ph.D., *Integrated Electronics*, Mc Graw Hill Kogakusha, Ltd Tokyo.
3. Texas Instrument, Incorporated, *Integrated Circuit Data Book*, I C Catalog for Engineers, Jul. 1971.
4. Texas Instrument, Incorporated, *Transistor Circuit Design*, Mc Graw Hill Book Company, Inc., New York.
5. Motorola Semiconductor Product INC, *Linear Integrated Circuits Data Book*, Motorola Inc 1971.