

## PENCACAH 4017 SEBAGAI PEMILIH SALURAN TELEPON

Muhammad Khosyi'in

Fakultas Teknologi Industri UNISSULA Semarang

### ABSTRAK

IC CMOS 4017 adalah IC pembagi tegangan Dekada Dengan 10 Jalan Keluaran terbaca sandinya / Decoded, IC ini seringkali dipakai sebagai pencacah pada beberapa rangkaian aplikasi sederhana, seperti rangkaian *running light chaser*, *Games Timer Light Chaser*, *the Matrix Die*, pencacah pada rangkaian aplikasi yang menggunakan sistem TDM (*Time Division Multiplexing*) dan masih banyak yang lainnya. Perkembangan teknologi pesawat telepon menjadikan pesawat telepon dengan sistem dan fitur minimalis menjadi ditinggalkan, berangkat dari masalah ini muncul ide untuk memanfaatkan pesawat telepon ini untuk komunikasi bicara yang murah dan terjangkau dengan memanfaatkan Pencacah CMOS 4017, karena bentuk kelurannya adalah berupa pulsa-pulsa maka sistem telepon yang digunakan adalah sistem Pulsa, sistem ini ada pada hampir semua perangkat telepon jadi tidak akan memusingkan penggunaanya, keterbatasan sistem pada rangkaian ini adalah hanya merekomendasikan untuk sistem saluran tunggal dan terbatas untuk sembilan kanal telepon, paling tidak cukup untuk komunikasi antar rumah atau antar ruang.

**Kata Kunci :** Pencacah 4017, Telepon, Pulsa

### PENDAHULUAN

Telepon PSTN (*Public Switched Telephone Network*) milik Telkom seiring kemajuan perkembangan perangkat telekomunikasi semakin lama semakin tertinggal, mungkin dirumah kita masih menyimpan telepon kabel yang sudah diganti dengan perangkat telepon kabel yang lebih canggih, mau dijual juga tidak ada yang beli, ada beberapa cara mudah untuk memanfaatkan telepon ini menjadi alat komunikasi dua arah (*Full Duplex*) dengan sebuah rangkaian sederhana yang cukup murah. Kita sebut saja rangkaian telepon saluran tunggal, ini sebabkan sistem telepon ini tidak menggunakan saluran telepon milik telkom, melainkan menggunakan kabel mandiri yang dicatu oleh catu daya sendiri, karena menggunakan sistem mandiri maka sistem ini memiliki kelemahan, antara lain saluran ini tidak menyediakan layanan untuk komunikasi dari beberapa saluran telepon sekaligus, tapi penelphone bisa berkomunikasi dengan lebih dari satu orang dengan sistem *dialing* tertentu, kelemahan yang lain adalah sistem ini hanya merekomendasikan sembilan kanal telepon.

### Prinsip Kerja Telepon

Prinsip kerja pesawat telepon secara umum adalah sentral memanggil pesawat dengan memberikan ringing tone, sehingga bel kemudian berbunyi hal ini di sebabkan karena adanya loop tertutup dari sentral menuju rangkaian bel. Bilamana *handset* diangkat maka arus pada bel akan terputus, sehingga pembicaraan dapat berlangsung.

Untuk mengetahui lebih dalam mengenai perangkat telepon ini, kita perlu mempelajari beberapa hal yang berhubungan dengan kondisi-kondisi sinyal pada saluran telepon, yaitu pada saat.

**Melakukan Panggilan**

Pada saat melakukan suatu panggilan, kondisi pada saluran telepon yang terjadi adalah sebagai berikut,

1. Kondisi *Off Hook*, saat ini *Hand Set* dalam keadaan diangkat, tegangan +/- 48 Vdc akan turun menjadi 6-12 Vdc, karena saluran telepon mendapatkan beban +/- 600 Ohm pada saat itu.
2. Pada saat *Tone*, frekuensi 425 Hz dengan level dc 6-12 V yang terdengar dan menunjukkan bahwa pesawat telepon telah terhubung dengan saluran telepon.
3. Sinyal DTMF (*Dual Tone Multi Frekuensi*) yang terjadi saat pengguna pesawat telepon memutar nomor telepon yang dituju, sinyal ini berupa gabungan dua buah frekuensi dengan kombinasi sebagaimana dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kombinasi Frekuensi pada Sistem DTMF

Frek Rendah \ Frek Tinggi	1209	1336	1477	1633
	697	1	2	3
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

**Menerima Panggilan**

Pada saat menerima panggilan, kondisi atau sinyal yang terjadi pada saluran telepon adalah,

1. Sinyal dering, berupa sinyal dengan frekuensi 50 Hz dengan periode yang sama persis dengan nada panggil sambung dan amplitudo 40 V RMS. Sinyal nada sambung pada telepon pemanggil sebenarnya adalah merupakan duplikasi dari sinyal dering yang terjadi pada telepon yang dipanggil
2. *Off Hook*, pada saat ini beban +/- 600 Ohm terdeteksi sehingga tegangan pada saluran telepon menjadi turun, sentral saluran yang mendeteksi kondisi ini langsung menghentikan pengiriman sinyal dering maupun sinyal nada sambung dan akan menghubungkan kedua pesawat telepon tersebut melalui saklar-saklar yang ada pada jaringan telepon.

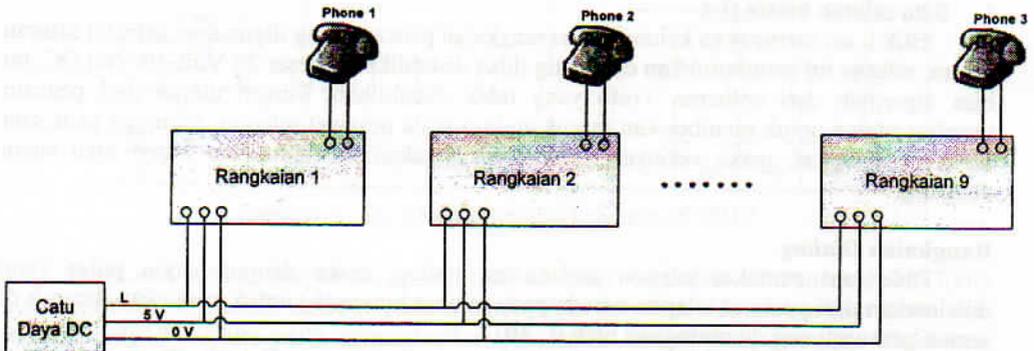
**Perancangan Sistem**

Pada rangkaian sistem telepon saluran tunggal ini, kita bisa menggunakan pesawat telepon jenis putar ataupun jenis tombol tekan, namun perlu diperhatikan bahwa sistem dialingnya adalah menggunakan dialing pulsa, jadi untuk pesawat telepon yang biasa diset *Tone*, agar memindahkan posisi sistem dialing pada posisi *Pulsa*.

Dalam jaringan sistem telepon ini tidak digunakan sentral telepon sebagaimana jaringan telepon pada umumnya, karena setiap pesawat telepon telah dilengkapi perangkat rangkaian elektronika yang dirancang sehingga semua pesawat dapat saling dihubungkan satu dengan yang lainnya, perangkat elektronika tersebut di sini dapat kita sebut sebagai rangkaian sistem telepon saluran tunggal. Banyaknya jumlah pesawat telepon yang dapat saling dihubungkan adalah maksimal sembilan unit pesawat telepon, ini adalah sudah lebih dari cukup untuk sebuah instalasi telepon sederhana yang bisa dipakai di sebuah sekolahan ataupun dalam sebuah rumah atau bahkan untuk intalasi antar ruang yang ada di pesawat dan lain-lain.

**Sistem Pengkawatan Instalasi Telepon Saluran Tunggal**

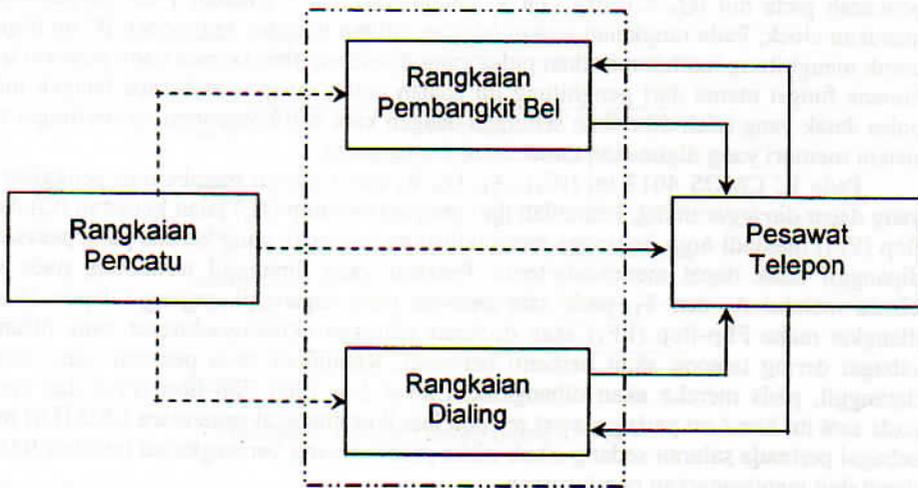
Sistem telepon ini memiliki beberapa keunggulan diantaranya tanpa memerlukan sentral telepon, jadi dalam hal ini jaringan yang dipakai adalah merupakan jaringan hubung berporos dan bukan jaringan hubung bintang, rangkaian yang dibuat dalam pesawat telepon ini juga tidak membutuhkan arus yang terlalu besar, karena itulah dapat digunakan satu buah catu yang mampu mensuplai seluruh instalasi, namun jika kita memiliki kemampuan untuk membangun sistem catu daya untuk masing-masing rangkaian maka itu akan sangat memudahkan kita dalam membuat instalasi antar unit pesawat telepon.



Gambar 1. Instalasi Sistem Telepon Saluran Tunggal

**Prinsip Kerja Rangkaian Sistem Telepon Saluran Tunggal**

Untuk memudahkan memahami prinsip kerja dari alat yang kami buat, maka perlu adanya diagram blok dari rangkaian sistem telepon saluran tunggal yang nantinya akan kami bahas satu persatu



Gambar 2. Diagram Blok Sistem Telepon Saluran Tunggal

### Rangkaian Catu Daya

Dalam instalasi sistem telepon saluran tunggal ini, rangkaian catu dibuat secara sederhana menggunakan Trafo CT 18 Volt 2 Ampere dengan *Voltage Regulator* tipe LM 7805 untuk penstabil keluaran tegangan 5 Volt, dari pencatu daya utama ini terdapat tiga saluran yang menuju ke semua pesawat, satu yaitu :

1. Satu saluran pencatu rangkaian (+5 V)  
Keluaran dari rangkaian pencatu yang melalui IC LM 7805 adalah merupakan tegangan +5 Volt yang distabilkan, catu ini nantinya dipakai sebagai masukan pada rangkaian.
2. Satu saluran massa (0 Volt)
3. Satu saluran bicara (L).

Titik L ini merupakan keluaran dari rangkaian pencatu yang digunakan sebagai saluran bicara, saluran ini membutuhkan catu yang tidak distabilkan sebesar 25 Volt-30 Volt DC, ini bisa diperoleh dari keluaran Trafo yang tidak distabilkan. Fungsi utama dari pencatu tersebut adalah untuk memberikan masukan daya pada pesawat telepon, sehingga pada saat *hand-set* diangkat, maka *receiver (load speaker)* akan mengeluarkan bunyi atau suara dengung.

### Rangkaian Dialing

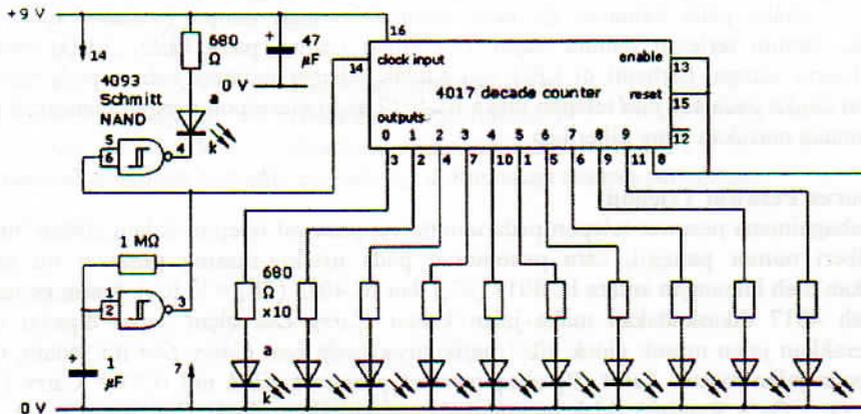
Pada saat memakai telepon melakukan dialing, maka denyut-denyut pulsa yang dikeluarkan dari pesawat telepon berada pada saluran bicara (L) untuk kemudian dicacah di semua pesawat yang dihubungkan oleh IC 4017

IC CMOS 4017 adalah merupakan IC pembagi tegangan Dekada Dengan 10 Jalan Keluaran terbaca sandinya / Decoded, pencacah diawali dengan transisi Rendah menuju Tinggi pada jalan masuk clock (CK), sementara jalan masuk CKE sedang dalam keadaan Rendah, ataupun dimulai dengan transisi Tinggi ke Rendah pada jalan masuk CKE sementara jalan masuk clock CK adalah Tinggi. Kalau pencacah-pencacah 4017 dikaskadatkan, maka jalan keluar Carry Out akan dapat dipakai untuk menggerakkan jalan masuk clock 4017 berikutnya. Jalan keluar Carry Out tersebut sedang Rendah sementara pencacah berada dalam status 5,6,7,8 dan 9. TINGGI pada jalan masuk RESET (R) mereset pencacah pada nol ( $Q_0 = \text{Carry Out} = \text{Tinggi}$ ,  $Q_1 \dots Q_9 = \text{Rendah}$ ) tak bergantung pada masukan clock, Pada rangkaian sistem telepon saluran tunggal, komponen IC ini digunakan untuk menghitung jumlah masukan pulsa yang diberikan oleh *keypad* pada pesawat telepon, dimana fungsi utama dari penghitung ini adalah untuk mengingat berapa banyak masukan pulsa detak yang telah diberikan sehingga dengan kata lain komponen ini berfungsi sebagai sistem memori yang digunakan untuk menghitung pulsa.

Pada IC CMOS 4017 ini ( $IC_1$ ).  $A_1$ ,  $D_2$ ,  $R_3$  dan  $C_3$  akan membentuk penggetar mono yang dapat *ditrigger* ulang, kemudian dari penguat Op-amp ( $A_1$ ) jalan keluaran (Q) dari flip-flop ( $FF_1$ ) menjadi *high*, sehingga mengakibatkan pencacah yang berada pada pesawat yang dipanggil tidak dapat mencacah terus. Pesawat yang dipanggil terhubung pada saluran bicara melalui  $A_2$  dan  $T_1$ , pada saat pesawat yang dipanggil gagang telepon (*hand-set*) diangkat maka Flip-flop ( $FF_3$ ) akan di-Reset sehingga akibatnya buzzer yang difungsikan sebagai dering telepon akan berhenti berbunyi. Kemudian pada pesawat yang tidak ikut dipanggil, pada mereka akan dibangkitkan *level Low* oleh Flip-flop ( $FF_1$ ) dan walaupun pada saat itu *hand-set* pada pesawat telepon lain ikut diangkat sementara LED ( $D_2$ ) menyala sebagai pertanda saluran sedang sibuk maka pesawat yang bersangkutan tersebut tidak akan dapat ikut mendengarkan pembicaraan.

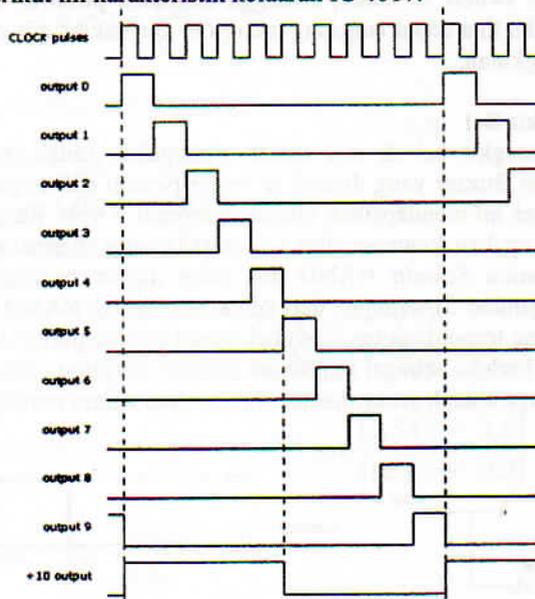
Karena pada semua pesawat telepon tidak semua di-Reset maka pesawat telepon yang lain (sembarang) dapat saling dihubungkan. Pada saat *hand-set* sudah diletakkan maka penguat Op-amp  $A_4$  menjadi *high*, sehingga di semua pesawat, pencacah dan Flip-flop ( $FF_2$ ) di-Reset dan LED ( $D_3$ ) menjadi padam, pada saat pesawat yang kita panggil *hand-set* tidak diangkat maka setelah *hand-set* pada pesawat pemanggil diletakkan kembali maka bel akan berhenti berbunyi, hal ini disebabkan karena Flip-flop ( $FF_3$ ) di-Reset.

## Rangkaian Penguji Keluran IC 4017



Gambar 3. Rangkaian Penguji keluran IC 4017

Rangkaian di atas adalah salah satu cara menguji rangkaian IC Pencacah 4017, kita bisa membuat rangkaian tersebut pada sebuah *prototype board*, untuk melihat kerja dari rangkaian 4017 ini kita perlu menambahkan rangkaian Astabil pada masukan *Clock*-nya, cara paling mudah adalah dengan menggunakan IC 4093 pemacu Scimitt (Schmitt Trigger) Gerbang NAND, berikut ini karakteristik keluaran IC 4017.

Gambar 4. Grafik *Timing* pulsa IC 4017

Pada rangkaian Pencacah sebagai pemilih saluran telepon yang diberikan, IC 4093 telah ditambahkan untuk pemuncunya, sehingga kita tinggal menambahkan LED pada masing-masing keluaran 4017 yang dipasang seri dengan Tahanan sebesar 680  $\Omega$  sampai 1 K  $\Omega$ , sehingga pada saat rangkaian dialing diberi masukan berupa pulsa-pulsa yang diperoleh dari menekan tombol angka pada *key pad* telepon maka masukan tersebut akan diteruskan pada IC 4017 sebagai pencacah pulsa sehingga akan didapatkan nyala LED

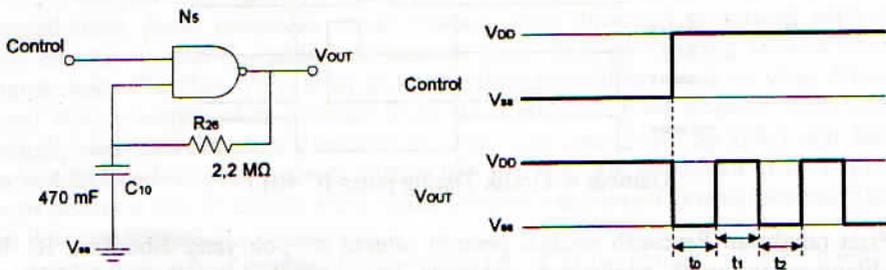
sesuai dengan masukan yang diberikan, misalkan kita menekan angka "1" maka pada keluaran  $Q_1$  akan didapatkan indikator lampu Led yang menyala, pada saat kita menekan angka "5" maka pada keluaran  $Q_5$  akan didapatkan juga lampu indikator LED yang menyala, namun terlebih dahulu dapat kita amati bahwa pada  $LED_1...LED_4$  menyala berturut-turut sampai berhenti di  $LED_5$ , ini adalah sebagai indikasi bahwa pada saat kita menekan angka pada *key pad* telepon maka IC 4017 akan merespon dengan mencacah pulsa sebagaimana masukan yang diberikan

### Penomoran Pesawat Telepon

Sebagaimana pesawat telepon pada umumnya, pesawat telepon dalam sistem ini juga bisa diberi nomor panggil, cara penomoran pada masing-masing pesawat itu sendiri ditentukan oleh hubungan antara IC 4017 ( $IC_1$ ) dan IC 4013 ( $FF_1 = \frac{1}{2} IC_2$ ). Kalau pencacah-pencacah 4017 dikaskadakan maka jalan keluar *Carry Out* akan dapat dipakai untuk menggerakkan jalan masuk clock 4017 berikutnya, pada saat *Carry Out* itu sedang tinggi maka pada jalan masuk *Reset* (R) akan mereset pencacah pada nol ( $Q_0 = \text{Carry Out} = \text{Tinggi}$ ,  $Q_1... Q_9 = \text{Rendah}$ ) tidak tergantung pada masukan clock. Keluaran  $Q_1.. Q_9$  pada jalan keluaran pencacah IC 4017 tersebut dapat mewakili titik koneksi 1.. 9, yang digunakan sebagai indikasi pesawat telepon ke- $n$ . Dengan kata lain jika kita menginginkan pesawat telepon tersebut dapat dipanggil dengan menekan angka "1" maka pada rangkaian sistem telepon saluran tunggal pada telepon yang bersangkutan tersebut antara titik koneksi 1 harus dibuatkan suatu hubungan dengan men-*jamper*-kan kawat penghubung dengan titik "m" yang merupakan jalan masuk Flip-flop ( $FF_1$ ), pada alat ini cara tersebut dipermudah dengan penggunaan saklar *dip switch 10 canel*, sehingga bilamana pesawat diinginkan memiliki nomor panggil "2" maka kita dapat langsung meng-*On*-kan saklar *dip switch* nomor 2 pada rangkaian yang bersangkutan.

### Rangkaian Pembangkit Bel

Rangkaian pembangkit bel di sini adalah merupakan rangkaian indikator dengan menggunakan LED dan Buzzer yang dirangkai secara paralel dan terpasang pada keluaran  $IC_5$  ( $N_5 - 4093$ ). Buzzer ini mendapatkan masukan sebesar 5 volt. Rangkaian indikator bel ini sendiri adalah merupakan keluaran dari  $FF_3$  (4013) yang diteruskan menuju IC 4093 sebagai rangkaian *pemicu Schmitt NAND* dua jalan masuk berempat (lihat rangkaian pembangkit bel pada gambar 5) sehingga dari keluaran gerbang NAND tersebut didapatkan nada atau bunyi bel yang terputus-putus, nada bel yang terputus-putus ini disebabkan karena pada IC CMOS 4093 berlaku sebagai rangkaian osilator berpintu, dimana periode (T) dan besar frekuensi osilasinya adalah sebagaimana dirumuskan dalam persamaan berikut ini :



Gambar 5. Rangkaian Osilasi Berpintu Beserta Gambar Gelombang Keluarnya

Dari rangkaian diketahui nilai

$$R = R_{26} = 2M\Omega$$

$$C = C_{10} = 470 \text{ nF}$$

$$V_{DD} = 5,0 \text{ V}$$

$$V_P = 3,3 \text{ V} \quad (\text{National semiconductor})$$

$$V_N = 1,8 \text{ V} \quad (\text{National semiconductor})$$

$$V_H = 1,5 \text{ V} \quad (\text{National semiconductor})$$

Pada rangkaian osilator terpintu, periode ( $t_0$ ) di rumuskan dengan persamaan,

$$t_0 = RC \ln \frac{V_{DD}}{V_N}$$

dengan frekuensi,

$$f = \frac{1}{t_1 + t_2} = \frac{1}{R \cdot C \ln \frac{(V_P)(V_{DD} - V_N)}{(V_N)(V_{DD} - V_P)}}$$

dimana,

$V_P$  = tegangan positip

$V_N$  = tegangan negatif

$V_H$  = tegangan Histeresis [selisih antara tegangan positip ( $V_P$ ) dan negatif ( $V_N$ )]

Nilai dari semua parameter tegangan tersebut bisa dilihat pada *data sheet book* pada halaman lampiran.

Sehingga , 
$$t_0 = R \cdot C \ln \frac{V_{DD}}{V_N}$$

$$t_0 = 2,2 \times 10^6 \cdot 470 \times 10^{-9} \ln \frac{5}{1,8}$$

$$t_0 = 1,34 \ln 2,77$$

$$t_0 = 1,034 \cdot 1,021$$

$$t_0 = 1,056 \text{ second.}$$

$$f = \frac{1}{t_1 + t_2} = \frac{1}{R \cdot C \ln \frac{(V_P)(V_{DD} - V_N)}{(V_N)(V_{DD} - V_P)}}$$

$$f = \frac{1}{2,2 \times 10^6 \cdot 470 \times 10^{-9} \ln \frac{(3,3)(5 - 1,8)}{(1,8)(5 - 3,3)}}$$

$$f = \frac{1}{1,034 \ln \frac{10,56}{3,06}}$$

$$f = \frac{1}{1,034 \ln 3,45}$$

$$f = \frac{1}{1,034 \cdot 1,238}$$

$$f = \frac{1}{1,28}$$

$$f = 0,78 \text{ Hz.}$$

Bel (buzzer) dimatikan oleh pendeteksi arus yang dibangun berisikan  $T_2$ , kalau pesawat yang kita panggil *hand-set* tidak diangkat maka setelah *hand-set* kita letakkan kembali bel akan berhenti berbunyi, hal ini disebabkan pada saat itu  $FF_3$  di-*reset*

### Rangkaian OP-Amp Sebagai Pembanding

Dalam rangkaian sistem telepon saluran tunggal ini, ada beberapa parameter yang dapat menunjukkan hasil kerja dari rangkaian sistem telepon saluran tunggal tersebut, diantaranya adalah parameter kerja Op-amp, dimana di dalam rangkaian tersebut ditunjukkan oleh komponen IC LM 339, dalam komponen IC tersebut ada empat buah rangkaian op-amp yang bekerja sebagai penanding (komparator) yang dinotasikan dengan notasi  $A_1...A_4$ , kita bisa mengetahui penanding tersebut bekerja dengan baik bilamana taraf acuannya atau tegangan referensinya ( $V_{ref}$ ) adalah 2,5 Volt, pada  $A_4$ , akan bekerja dengan baik bilamana keluarannya menjadi rendah apabila *hand-set* diangkat dengan indikasi lampu LED tanda sibuk ( $D_5$ ) menyala, bilamana hal ini tidak terjadi maka perlu untuk menjodohkan  $V_{ref}$  semua komparator, karena pada semua komparator  $V_{ref}$  adalah berharga tetap, usaha tersebut adalah dengan mengubah harga resistansi  $R_{17}$  dan atau  $R_{18}$ .

Untuk membuktikan bahwa Tegangan acuan ( $V_{ref}$ ) komparator tersebut adalah bernilai 2,5 Volt, maka digunakan formula (rumusan) sebagai berikut :

$$V_{ref} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{CC}$$

Pada salah satu rangkaian op-amp ( $A_3$ ) diketahui,

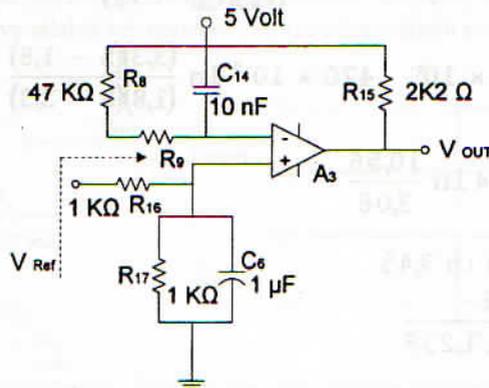
$$R_1 = R_{17} = 1 \text{ K}\Omega$$

$$R_2 = R_{16} = 1 \text{ K}\Omega$$

$$V = 5 \text{ Volt}$$

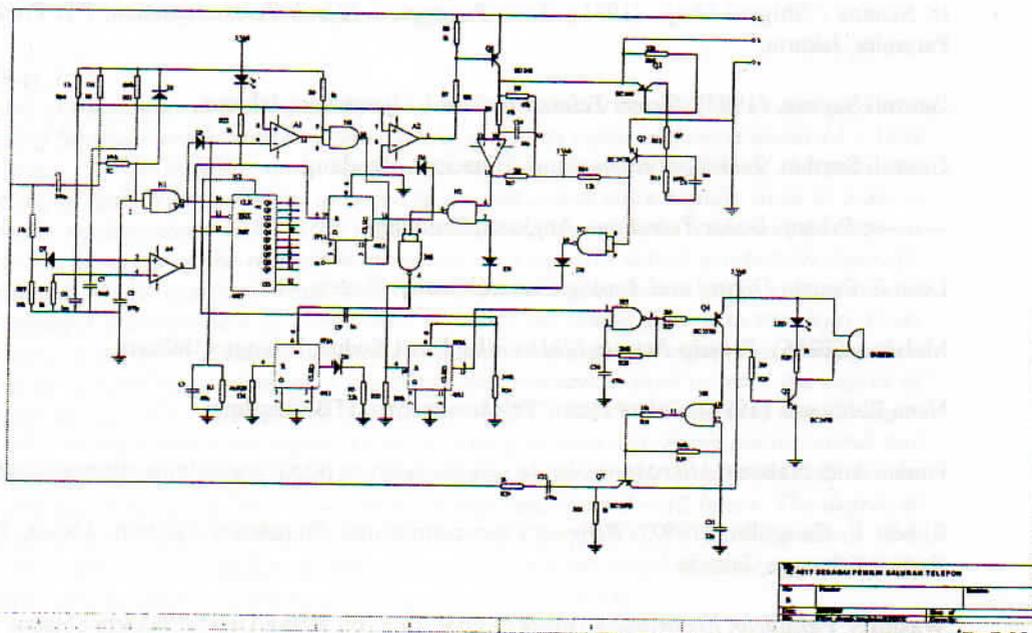
sehingga didapatkan,

$$\begin{aligned} V_{ref} &= \frac{R_1}{R_1 + R_2} V \\ &= \frac{1k}{1k + 1k} 5 \text{ Volt} \\ &= \frac{5k \cdot \text{Volt}}{2k} \\ &= 2,5 \text{ Volt} \end{aligned}$$



Gambar 6. Salah Satu Rangkaian Op-amp pada IC LM 339 yang berfungsi sebagai pembanding

Berikut ini keseluruhan rangkaian IC 4017 sebagai pemilih saluran telepon :



## PENUTUP

Penggunaan IC CMOS 4017 dalam banyak aplikasi cukup membantu dalam aplikasi pencacah ataupun *Shift Register*, dari bahasan mendalam mengenai IC 4017 sebagai pemilih saluran telepon ini dapat direkomendasikan beberapa kesimpulan, antara lain ;

- Saluran pemilih nomor telepon adalah dengan metode pencacah pulsa dengan memanfaatkan IC CMOS 4017
- Sistem telepon yang digunakan adalah system pulsa, hal ini dapat dilakukan pada hampir semua jenis pesawat telepon yaitu dengan memindahkan posisi switch *tone* ke *pulse*
- Saluran yang digunakan adalah system saluran tunggal dengan keterbatasan sembilan kanal telepon.
- Penomoran pesawat telepon dapat dilakukan dengan menambahkan *dip switch* pada penghubung keluaran IC 4017 ( $IC_1$ ) dan IC 4013 ( $FF_1 = \frac{1}{2} IC_2$ ).
- Nada bel yang terputus-putus merupakan keluaran dari  $FF_3$  (4013) yang diteruskan menuju IC 4093 sebagai rangkaian *pemicu Schmitt NAND* dua jalan masuk berempat sehingga dari keluaran gerbang NAND tersebut didapatkan nada atau bunyi bel yang terputus-putus (rangkaiannya osilator berpintu).
- Dengan menambahkan catu daya 5 Volt dc mandiri pada masing-masing rangkaian 1 sampai rangkaian 9, maka akan memudahkan dalam instalasi sistem telepon, karena Line dapat dicatu oleh catu daya bersama sebesar 25 – 30 Volt.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dennis Roddy / John coolen alih bahasa Kamal Idris. (1993). *Komunikasi Elektronik Jilid 2*, Erlangga, Jakarta.
- Ir. Suhana / Shigeki Shoji. (1991). *Buku Pegangan Teknik Telekomunikasi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Gauzali Saydan. (1993). *Sistem Telekomunikasi I*, Djambatan, Jakarta.
- Gauzali Saydan. *Teknologi Komunikasi*, Binacipta, Bandung.
- , *Prinsip Dasar Teknologi, Angkasa*, Bandung.
- Leon E. Couch, *Digital and Analog Communication System*, ----.
- Malvino. (1986). *Prinsip-Prinsip Elektronika*, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
- Nana Rahmana. (1994). *Diktat Dasar Telekomunikasi*, ITB, Bandung.
- Paulus Andi Nalwan. *Mikrokontroler ke saluran telepon*, <http://www.delta-electronic.com>
- Robert F. Coughlin. (1992). *Penguat Operasional dan Rangkaian Terpadu Linear*, Edisi Kedua, Erlangga, Jakarta.
- Wasito S. *Pelajaran Elektronika Teknik Digital*, Penerbit Karya Utama, Jakarta Selatan.
- Wasito S. (1994). *Vandemekum Elektronika*, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utomo, Jakarta.