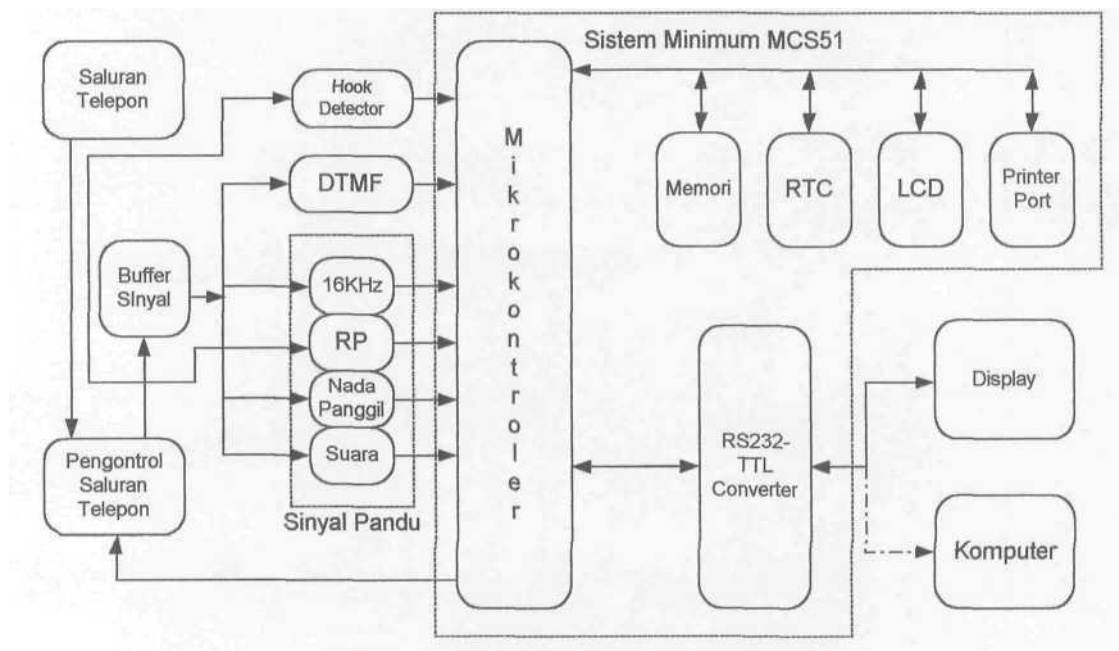


4. PEMBUATAN HARDWARE DAN SOFTWARE

Pada bab ini akan dibahas mengenai pembuatan *hardware* dan *software*, dimana keduanya akan menjadi satu kesatuan yang utuh sebagai suatu operasi sistem yang akan saling mendukung satu sama lain

4.1. Pembuatan Hardware

Dengan mengadopsi sistem yang telah dibahas pada bab 3, sistem tersebut kemudian disesuaikan dengan komponen-komponen elektronik yang telah ada sehingga, blok diagram sistem dapat dikembangkan menjadi blok diagram *hardware* seperti yang terlihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Blok Diagram Hardware

Pada blok diagram *hardware*, ditambahkan pengontrol saluran telepon dan *buffer* sinyal. Pengontrol saluran telepon berfungsi sebagai pemutus dan penghubung sebelum saluran telepon memasuki perangkat, ini dimaksudkan agar rangkaian terisolasi dari saluran telepon bila saluran perangkat dalam keadaan mati. Penambahan *buffer* sinyal dimaksudkan agar sinyal dapat diterima dengan baik oleh komponen penerima sinyal, yaitu dekoder *DTMF*, detektor sinyal 16 KHz, detektor nada panggil dan detektor suara. Pemasangan input komponen yang paralel pada

komponen-komponen tersebut dapat menyebabkan pembebanan terhadap saluran telepon bila dipasangkan secara bersamaan seperti itu. Oleh karena itu, penambahan *buffer* sinyal dipandang perlu.

Sinyal-sinyal yang masuk ke rangkaian-rangkaian detektor dan dekoder *DTMF*, akan menghasilkan *output-output* logika yang langsung berhubungan dengan mikrokontroler. Mikrokontroler juga mengendalikan perlu tidaknya memutuskan atau menghubungkan saluran telepon dengan rangkaian. Selain itu mikrokontroler juga mengendalikan bagian-bagian yang lainnya, yaitu : memori, *RTC*, *LCD*, *printer*, dan *display*, serta berkomunikasi dengan komputer bila diperlukan.

Pada operasi normal, mikrokontroler akan mengendalikan *display* melalui *serial port*. Pada operasi pengaturan, dimana akan dilakukan pengaturan nilai dari parameter-parameter yang diperlukan, mikrokontroler akan terhubung dengan komputer melalui *serial port* tersebut, yang berarti pada operasi ini *display* tidak dipergunakan untuk sementara. Pada saat pertama kali diaktifkan, mikrokontroler akan mencari apakah rangkaian terhubung dengan *display* ataukah dengan komputer. Bila terhubung dengan *display*, maka operasi PDPT akan langsung memasuki operasi normal, sedangkan bila terhubung dengan komputer, maka PDPT akan langsung memasuki operasi pengaturan.

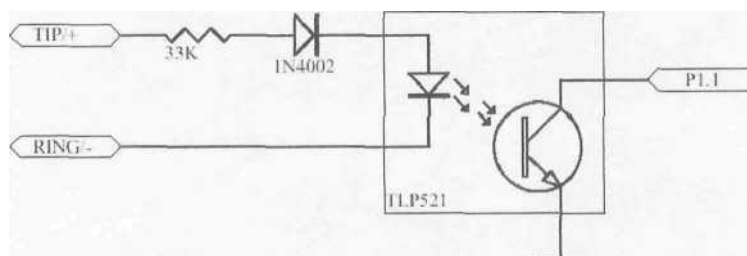
Pada bagian ini akan dibahas mengenai pemilihan dan pembuatan rangkaian, yang meliputi rangkaian *hook detector*, dekoder *DTMF*, detektor sinyal-sinyal pandu, *buffer* sinyal, pengontrol saluran telepon dan sistem minimum MCS51 dimana didalamnya terdapat mikrokontroler sebagai pusat pengendali sistem secara keseluruhan, selain itu pada sistem minimum ini juga terdapat memori untuk *database*, program dan penyimpan parameter-parameter, *RTC* sebagai pengatur waktu, *serial port* untuk mengendalikan *display* dan berhubungan dengan komputer, *printer port* untuk mengendalikan *printer*, *LCD* sebagai salah satu tampilan serta pembagian alamat dalam sistem minimum.

4.1.1. Hook Detector

Saluran telepon terdiri dari dua kabel, yang mana dinamakan *TIP* dan *RING* sesuai dengan konfigurasi internal dari sentralnya. Selain itu, keduanya juga berpolaritas positif dan negatif. Keduanya memiliki beda potensial 40 sampai 55

Volt, tergantung jauh dekatnya dengan terminal dimana saluran dipasang. Bila pada saluran telepon diberi impedansi 600Ω atau kurang, maka beda potensial tersebut akan turun hingga 6 sampai 12 Volt. Jadi, dapat diambil kesimpulan bahwa bila gagang telepon ditutup, maka ada beda potensial yang besar, dan bila gagang telepon diangkat maka, beda potensial akan kecil.

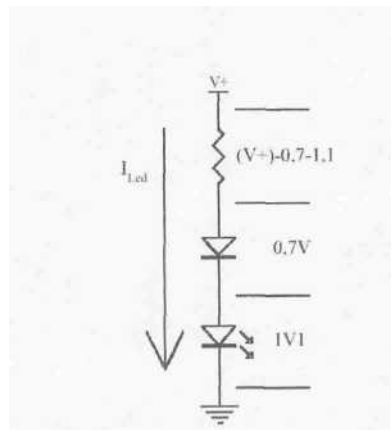
Berdasarkan ketentuan yang ada, maka rangkaian dibawah ini dapat dipergunakan sebagai *hook detector*.



Gambar 4.2. Hook Detector

Ada dua keadaan yang dapat dianalisa, yaitu sewaktu gagang telepon diangkat dan sewaktu ditutup. Dalam rangkaian ini digunakan *optoisolator* sebagai sakelar diferensial dari beda potensial yang dihasilkan oleh *TIP* dan *RING*. Cara kerjanya sangat sederhana, bila diantara *TIP* dan *RING* diberi suatu beban paralel maka, sewaktu beda potensial *TIP* dan *RING* besar, maka arus yang mengalir juga besar, sewaktu beda potensial *TIP* dan *RING* kecil, maka arus yang mengalir juga menjadi kecil. *Optoisolator* TLP521 buatan Fujitsu memiliki arus panjar pada *Led*-nya 1 sampai 10 mA untuk mengaktifkan *photo-transistor* pasangannya. Agar *photo-transistor* dalam keadaan *cut-off* maka, arus yang mengalir harus diusahakan jauh lebih kecil dari 1mA. Dan, agar *photo-transistor* menjadi *saturasi* diperlukan arus yang lebih besar dari 1 mA tetapi harus lebih kecil dari 10 mA sebagai batas maksimumnya.

Seperti yang terlihat pada gambar 4.3, untuk perhitungan diperlukan dua keadaan, yang pertama sewaktu beda potensial besar dan sewaktu beda potensial kecil. Yang diketahui adalah tegangan panjar pada led optoisolator sama dengan 1,1 Volt. Ditambahkan sebuah dioda 1N4002 sebagai protektor bila terjadi polaritas yang terbalik. Dioda ini memiliki tegangan panjar sebesar 0,7 Volt, dengan demikian, diperlukan sebuah *resistor* untuk membatasi arus yang mengalir.



Gambar 4.3. Perhitungan Hook Detektor

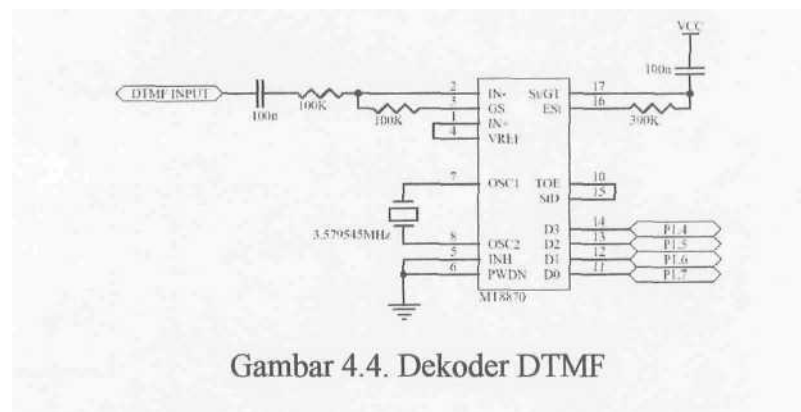
Dengan demikian, nilai resistor dapat dihitung dengan persamaan:

$$R = ((V+)-0,7-1,1) / I_{Led} \quad (4.1)$$

maka, sewaktu gagang telepon tertutup, resistor bernilai lebih besar dari 5,32 K Ω dan lebih kecil dari 53,2 K Ω . Sewaktu gagang telepon diangkat, nilai resistor lebih besar dari 10,2 K Ω . Dengan demikian, diperoleh irisan dari nilai R kecil dan R besar adalah $R > 10,2 \text{ K}\Omega$ dan $R < 53,2 \text{ K}\Omega$. Pada kasus ini, digunakan nilai diantara keduanya, yaitu 31,7 K Ω yang kemudian dibulatkan menjadi 33 K Ω .

4.1.2. DekoderDTMF

Untuk mengawali satau panggilan telepon, perlu dilakukan penekanan tombol-tombol angka sesuai dengan nomor tujuan yang diinginkan. Setiap penekanan akan membangkitkan nada dengan dua frekuensi spesifik yang telah menjadi standar. Nada-nada tersebut lebih dikenal dengan sebutan *DTMF* {*Dual Tone Multi Frequency*). Tombol-tombol tersebut berjumlah 12 tombol. Mulai dari angka 0 sampai 9, dan tanda '#' (pagar) serta '*' (bintang). Pada desainnya, *DTMF* terdiri dari delapan frekuensi, sehingga dapat membangkitkan 16 macam nada. Nada dengan simbol 'A', 'T3', 'C', dan 'D' tidak dipergunakan secara umum.



Gambar 4.4. Dekoder DTMF

Ada beberapa *Integrated circuit (IC)* yang dapat dipergunakan untuk mendeteksi sinyal dari nada-nada *DTMF* tersebut. MT8870 buatan Mitel Semiconductor adalah yang paling terkenal dan yang paling umum. *IC* ini dapat mendeteksi nada-nada *DTMF* secara keseluruhan. Bila ada nada *DTMF* yang terdeteksi, maka *outputnya*, akan mengeluarkan data kombinasi *Abit* sesuai dengan kode yang diterima.

Dengan menggunakan rangkaian yang berkonfigurasi *single-ended input*, rangkaian dapat bekerja dengan baik. Pada rangkaian ini, komponen kristal yang digunakan haruslah yang berfrekuensi antara 3,5759 dan 3,5381 MHz. Kristal 3,579545 MHz merupakan kristal yang paling banyak digunakan. Paling tidak, durasi nada yang masuk, haruslah lebih besar dari 40ms dan dengan tenggang antar durasi yang juga harus lebih besar dari 40ms.

Beberapa pabrik membuat *IC* khusus untuk keperluan *DTMF*, diantaranya yang paling banyak dijumpai adalah MT8870, MT8880, MT8888 buatan Mitel Semiconductor. Selain itu juga ada MC145436 buatan Motorola, bahkan dengan meningkatnya permintaan pasar, perusahaan-perusahaan elektronik lainnya juga membuat duplikat *IC-IC* seperti MT8870 menjadi BT8870 oleh Boston Technology, HT9170 oleh Holtek Semiconductor, dan bahkan masih banyak tipe-tipe duplikat lainnya seperti KA8870, KIA8870, CM8870. *IC-IC* tersebut sama-sama menerima nada *DTMF*, kemudian mendekodekan menjadi digit biner 4 bit.

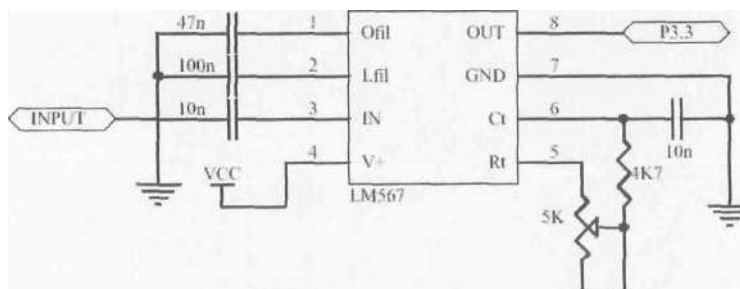
4.1.3. Detektor Sinyal Pandu

Pendeteksian sinyal pandu merupakan bagian terpenting dalam usaha mendeteksi awal dari suatu percakapan. Keempat sinyal pandu dapat dideteksi dengan menggunakan detektor yang telah disesuaikan dengan keperluan yang ada.

4.1.3.1. Detektor Sinyal 16 KHz

Untuk mendeteksi sinyal yang berfrekuensi diperlukan suatu pembanding frekuensi dimana frekuensi input akan dibandingkan dengan frekuensi referensi yang telah disiapkan sebelumnya. Untuk keperluan ini dapat dipergunakan *IC* KA567 buatan Fairchild Semiconductor. KA567 merupakan tipe yang sama dengan LM567 sebelum LM567 berganti nama menjadi KA567 setelah produksi komponen digital

dari National Semiconductor dijual kepada Fairchild Semiconductor . Bila frekuensi input sama dengan frekuensi referensi maka, output KA567 akan berlogika 0.



Gambar 4.5. Rangkaian Detektor Sinyal 16KHz

Frekuensi referensi yang diinginkan dapat dihitung dengan persamaan:

$$f_0 = (1,1 R C)^{-1} \quad (4.2)$$

R merupakan *resistor* antara kaki 5 dan 6, sedangkan C merupakan kapasitor antara kaki 6 dengan *Ground*. Sehingga bila frekuensi adalah 16KHz, dengan kapasitor yang telah ditentukan sebesar 10nF maka, diperoleh nilai resistor sebesar 5682Ω. Dengan demikian, *resistor* yang digunakan adalah *resistor* tetap 4,7KΩ, seri dengan *resistor* variabel 5KΩ. Sehingga dapat diperoleh nilai yang mendekati perhitungan.

Untuk *bandwidth*, diperlukan tanggapan frekuensi 16 KHz. Dengan ditambahkannya toleransi ± 1 KHz untuk menjaga terjadinya pergeseran frekuensi yang dapat saja terjadi. Sehingga, tanggapan frekuensi yang diharapkan adalah 15 KHz sampai dengan 17 KHz. Dengan demikian *bandwidth* yang diperlukan menjadi sekitar 12,5 %. Dengan menggunakan persamaan :

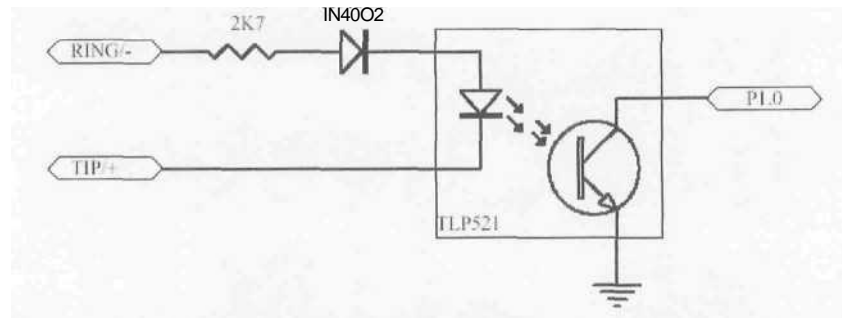
$$BW = 1070 (V_i / (f_0 C))^{-1/2} \quad (4.3)$$

Dan dengan menetapkan tegangan input V_i sebesar 200 mV, maka diperoleh nilai *kapasitor* sebesar 91,6 nF , untuk itu dipergunakan nilai 100 nF yang merupakan nilai terdekat yang ada dipasaran.

4.1.3.2. Detektor Reverse Polarity

Bila pada jaringan telepon dengan kabel yang sangat panjang, sering terjadi pergeseran frekuensi, seperti yang terjadi pada sinyal 16KHz, maka pada *reverse polarity* , hal tersebut tidak lagi terjadi. Teknik ini dimaksudkan agar sinyal pandu tetap diterima dengan baik walaupun pada jarak yang terbilang sangat jauh. Pada saat percakapan dimulai, STO akan membalik polaritas antara *TIP-RING* menjadi *RING-TIP*. Setelah selang waktu sekitar 50 sampai 100 ms, keadaan tersebut kembali

kesemula lagi yaitu *TIP-RING*. Dengan memanfaatkan rangkaian *hook detector*, maka dapat diperoleh rangkaian untuk mendeteksi bila terjadi keadaan *reverse polarity* seperti pada gambar 4.6. Hanya saja, beda potensial antara *TIP* dan *RING* tidak lagi 12V dan 55V, hanya 6 sampai 12V saja, karena gagang telepon tetap diangkat.



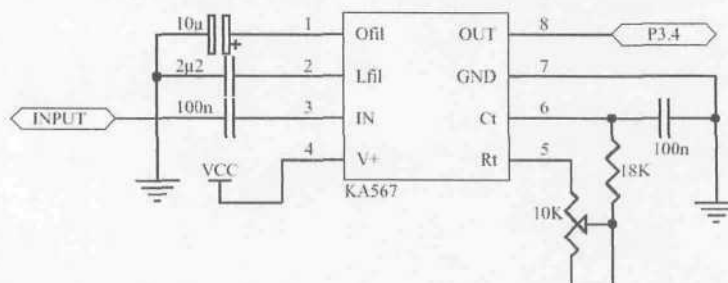
Gambar 4.6. Rangkaian Detektor Reverse Polarity

Dengan menggunakan persamaan 4.1, diperoleh nilai *resistor* sebesar 420 Ω sampai 4,2 K Ω pada tegangan 6 Volt dan 1,02 K Ω sampai 10,2 K Ω pada tegangan 12 Volt. Dengan demikian, diperoleh irisan nilai antara 1,02 K Ω sampai 4,2 K Ω . Bila diambil nilai tengah antara keduanya, maka diperoleh nilai resistor sebesar 2,61K Ω atau dengan pembulatan menjadi 2,7K Ω .

4.1.3.3. Detektor Nada Panggil

Pada saat dilakukan pemanggilan nomor telepon tujuan, ada nada panggil yang akan terdengar dengan durasi 1 detik untuk menyala, dan 3 detik mati. Pada prakteknya, durasi untuk mati bisa mencapai 4 detik, ini dikarenakan masih ada beberapa STO menggunakan perlengkapan dengan timer yang analog, ditambah lagi kemungkinan pemasangan kabel jaringan yang sangat panjang, sehingga dapat terjadi propagasi *delay* dan hilangnya sinyal didalam perjalanan menuju tujuan. Nada tersebut biasa disebut dengan nada panggil atau *Ring-Back Tone*. Nada ini memiliki frekuensi tengah pada 425Hz, tetapi pada perkembangannya frekuensi yang digunakan sangat bervariasi. Jepang dan Singapura menggunakan frekuensi sekitar 380Hz, dan di beberapa area ditambahkan variasi. Sebagian penyedia jaringan selular, menggunakan frekuensi 425 sampai 440Hz, dengan demikian kita memperoleh cakupan frekuensi antara 380Hz sampai 440Hz. Oleh karena itu, frekuensi tengah

bergeser ke 410Hz dengan bandwidth 60Hz. KA567 memiliki bandwidth maksimum sebesar 14%, dan ini cocok dengan keperluan yang.



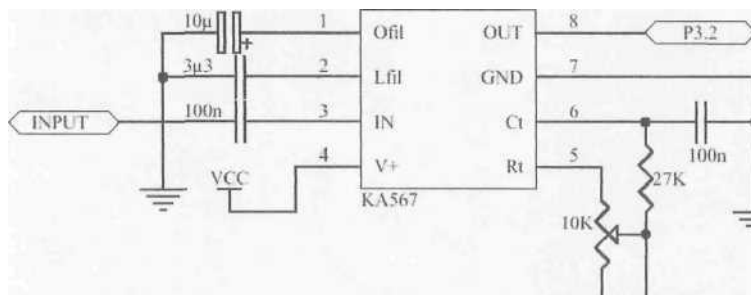
Gambar 4.7. Rangkaian Detektor Nada Panggil

Dengan menggunakan persamaan 4.2, dan dengan menentukan nilai kapasitor sebesar 100 nF maka, diperoleh nilai resistor sebesar 22173 Ω . Nilai resistor perhitungan adalah 22173 Ω , oleh karena itu digantikan dengan sebuah resistor 18 K Ω diseri dengan resistor variabel 10 K Ω . Untuk kapasitor bandwidth, dengan menggunakan persamaan 4.3, maka diperoleh nilai kapasitor sebesar 2,85 μF . Nilai kapasitor C digunakan 2,2 μF untuk menghindari penyempitan bandwidth.

4.1.3.4. Detektor Suara

Pada keadaan yang normal, sewaktu panggilan telepon dilakukan dan kemudian dijawab oleh penerima, penerima akan mengatakan kata sapaan. Kata sapaan yang dikeluarkan dapat dimanfaatkan sebagai cadangan deteksi awal percakapan. Frekuensi suara manusia pada percakapan yang umum adalah 300 Hz sampai 3 KHz. Dari hasil pengamatan, frekuensi suara percakapan yang paling sering keluar berada dibawah 1 KHz. Sinyal *DTMF* menggunakan frekuensi antara 600 Hz sampai 1 KHz. Nada panggil berada antara 380 sampai 440 Hz. Ada beberapa *STO* yang menggunakan frekuensi diantara nada panggil dan sinyal *DTMF* sebagai *Pilot Tone* untuk keperluan spesifik yang tidak umum. Sehingga akan lebih baik bila mengambil frekuensi 300Hz dengan bandwidth maksimum (14 persen), yang dapat diperoleh sebagai sarana pendeteksian suara manusia. Dengan demikian, tingkat keberhasilan dari cara ini adalah yang paling rendah dibandingkan dengan cara pendeteksian yang lainnya.

Bila bandwidth maksimum yang dapat diperoleh adalah 14 persen, dan dengan frekuensi tengah 300Hz, maka range frekuensi yang diperoleh adalah sekitar 280 sampai 320Hz.

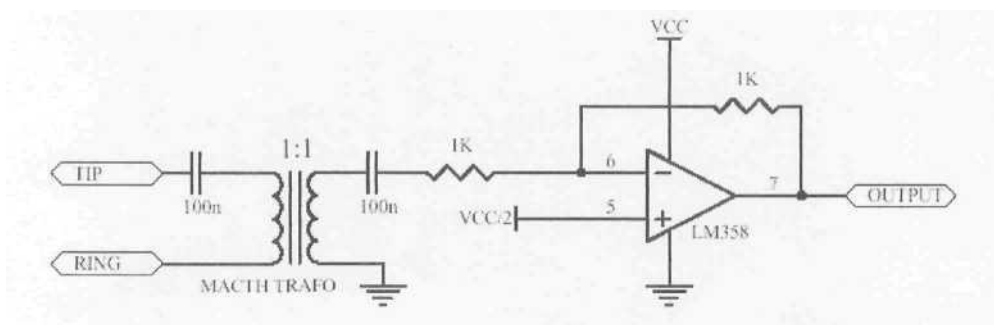


Gambar 4.8. Rangkaian Detektor Suara

Dengan menggunakan persamaan 4.2, dan dengan menentukan nilai *kapasitor* sebesar 100 nF maka, diperoleh nilai *resistor* sebesar 30303 Ω . Nilai *resistor* perhitungan adalah 30303 Ω , oleh karena itu digantikan dengan sebuah *resistor* 27 K Ω diseri dengan *resistor* variabel 10 K Ω . Untuk *kapasitor bandwidth*, dengan menggunakan persamaan 4.3, maka diperoleh nilai *kapasitor* sebesar 3,9 μ F. Nilai *kapasitor* C digunakan 3,3 μ F untuk menghindari penyempitan *bandwidth*.

Bila ada sinyal suara yang diterima dan terdeteksi, maka suatu percakapan dapat dikatakan telah dimulai. Dikarenakan saluran telepon pemanggil dan penerima adalah satu saluran, maka suara pemanggil dapat masuk ke dalam sistem pendeteksian sinyal, maka dengan itu saluran mikropon pemanggil harus diputus sebelum terjadi suatu balasan dari pihak penerima. Rangkaian ini dibahas pada bagian *display*, karena pada prakteknya, pesawat pemanggil terletak dekat dengan *display* sehingga, mudah dalam instalasinya.

4.1.3.5. Buffer Sinyal



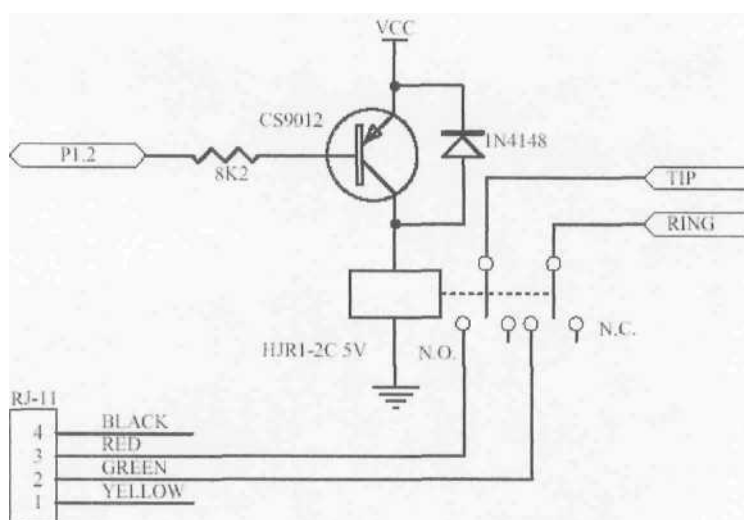
Gambar 4.9. Buffer Sinyal

Sebuah *trafo* khusus telepon dengan impedansi 600 Ω diberikan *kapasitor* seri 100 nF dan dipasangkan paralel dengan saluran telepon. *Trafo* ini memiliki impedansi *input* dan *output* yang sama, sehingga biasa disebut dengan *trafo* satu

banding satu atau *matching-trafo*. Sisi keluaran dari *trafo* masuk ke penguat sinyal yang menggunakan *op-amp* LM358 dengan konfigurasi *inverting amplifier* dengan penguatan sinyal 1 kali.

4.1.4. Pengontrol Saluran Telepon

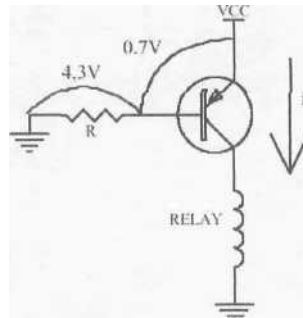
Untuk menjaga agar rangkaian tidak terhubung dengan saluran telepon sewaktu tidak aktif, maka diperlukan suatu rangkaian pengontrol yang akan menghubungkan atau memutuskan saluran telepon dengan rangkaian. Pada rangkaian tersebut digunakan *relay* sebagai sakelarnya.



Gambar 4.10. Rangkaian Pengontrol Saluran Telepon

Proteksi alat terhadap gangguan sewaktu tidak digunakan haruslah dipertimbangkan, mengingat ada banyak kasus dimana terminal-terminal telepon tersambar petir dan mengakibatkan kerusakan yang fatal pada semua pesawat telepon ataupun perangkat lainnya yang pada saat tersebut terhubung dengan saluran telepon pada saat tersambar petir. Sehingga, pemasangan pengontrol ini dipandang sangat perlu sebagai sarana proteksi yang bermanfaat.

Sebuah *transistor* tipe PNP dengan tipe CS9012 digunakan untuk menjembatani antara pengontrol dengan *relay* dengan tipe HJR1-2C. Kumparan *relay* ini memiliki hambatan sebesar $100\ \Omega$, sehingga diperoleh arus kumparan pada 50 mA. *Relay* beroperasi pada tegangan 5 Volt $\pm 20\%$. Sedangkan CS9012 memiliki arus I_c maksimum 100mA dengan β_{dc} 100, dengan demikian arus basis minimum adalah 1 mA.



Gambar 4.11. Perhitungan Resistor Basis

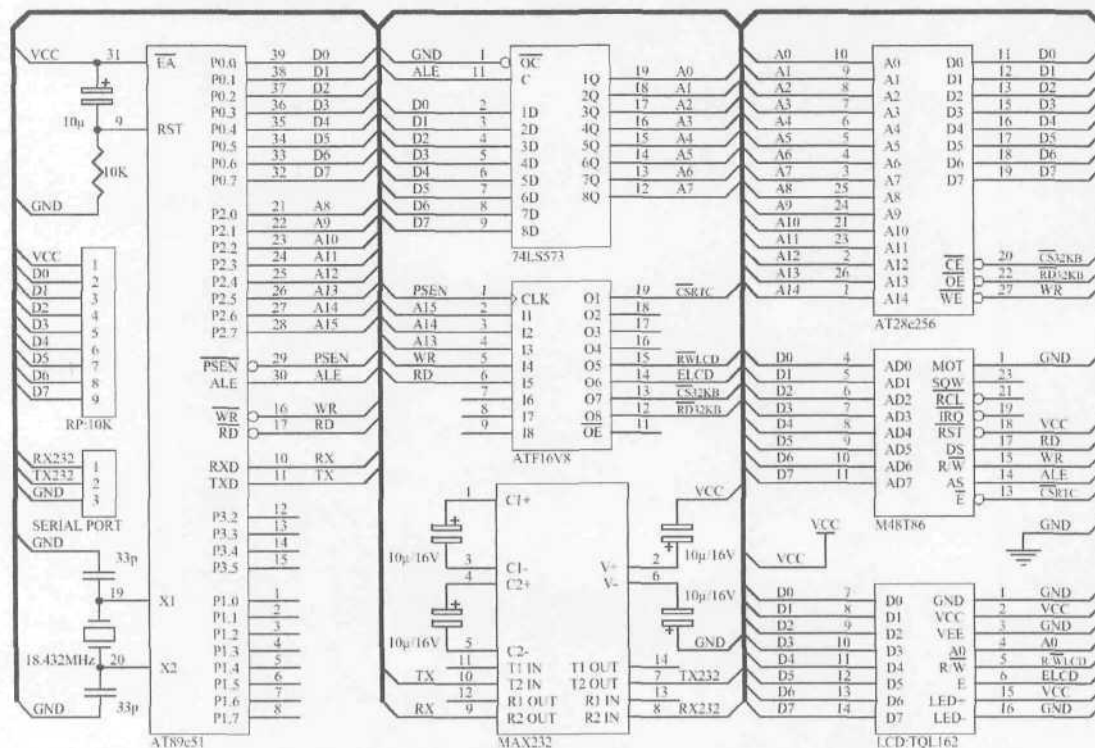
Dengan menggunakan persamaan:

$$R = V_{\text{resistor}} / I_b \quad (4.4)$$

maka, diperoleh resistor basis dengan nilai 8,6 K Ω . Dikarenakan resistor 8,6 K Ω sulit untuk diperoleh dipasaran, maka dipilih nilai yang mendekati, yaitu resistor dengan nilai 8,2 K Ω . Dengan demikian, *relay* akan aktif bila rangkaian diberi *input* dengan logika '0'.

4.1.5. Sistem Minimum MCS51

Selain dengan komputer yang memanfaatkan mikroprosesor sebagai pengolah data dan pengontrol, kegiatan-kegiatan elektronik yang terprogram dapat juga menggunakan sistem minimum, dimana sistem tersebut merupakan miniatur dari sistem besar dan lengkap dari pengolah data dan pengontrol tersebut. Ada banyak arsitektur mikrokontroler yang telah dibuat, dengan kehandalannya masing-masing. PIC, COP, AVR, MCS48, MCS51, Z80, 68HC, merupakan beberapa contoh keluarga mikrokontroler yang banyak ditemui didunia elektronika. Mikrokontroler dari keluarga MCS51 akan digunakan dalam rangkaian ini, dikarenakan lebih mudah, lebih murah dan lebih cocok dengan aplikasi yang diperlukan untuk mengontrol PDPT. Sistem minimum MCS51 yang terlihat pada gambar 4.12, merupakan pengolah mikro yang dilengkapi sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan dalam pembuatan PDPT ini. Pada sistem minimum ini selain dilengkapi dengan memori program sebesar 32 KB, juga dilengkapi dengan RTC yang merupakan IC khusus pengatur waktu, yang mana berguna untuk menghitung lama percakapan dan menentukan zona waktu. *LCD* sebagai sarana tampilan. *Printer port* sebagai perantara untuk mengendalikan printer juga dilengkapi untuk mencetak nota dari percakapan yang telah dilakukan ataupun laporan kumulatif bila diperlukan.



Gambar 4.12. Rangkaian Sistem Minimum

4.1.5.1. Mikrokontroler AT89c51

Sebagai pusat dari pengontrol sistem, dipergunakan sebuah mikrokontroler MCS51, yaitu AT89c51 buatan Atmel. Mikrokontroler ini merupakan generasi baru dari 8051 buatan Intel yang memiliki memori program internal sebesar 4 KB. Hanya saja pada AT89c51, memori program yang digunakan adalah *Electrically Erasable Programmable Read Only Memory (eProm)*, memori yang dapat ditulis dan dihapus dengan listrik. AT89c51 ini dikonfigurasi untuk memanfaatkan memori program eksternal selain memori program internal yang telah dimilikinya.

4.1.5.2. Eeprom AT28c256

Untuk keperluan memori eksternal yang dapat menampung program, *database*, dan parameter-parameter yang diperlukan maka, dipergunakan AT28c256 yang merupakan *eProm* yang berkapasitas 32 KB. Pemilihan dengan teknologi eProm ini dimaksudkan untuk mempermudah dalam pengaturan program, *database* dan parameter-parameter yang ada.

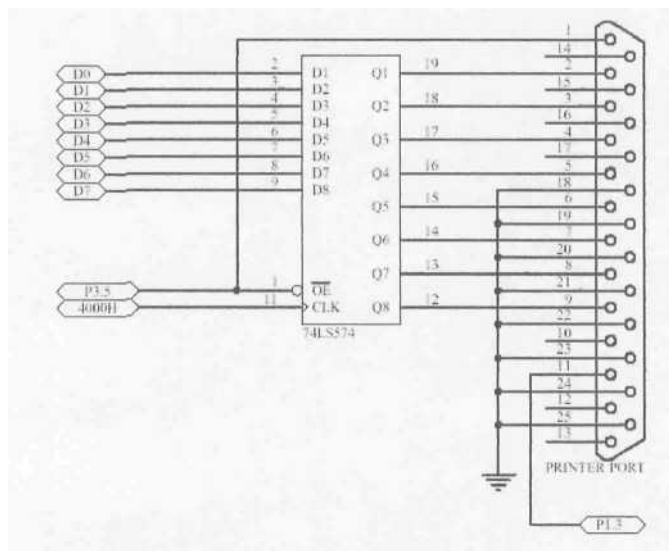
4.1.5.3. Real Time Clock (RTC)

Untuk *RTC*, dipilih tipe M48T86 buatan SGS-Thomson. *RTC* ini identik dengan tipe DS12887 buatan Dalas Semiconductor yang telah banyak dipergunakan dan dikenal. Selain sebagai pengatur waktu, *RTC* ini memiliki *Non-Volatile Random Access Memory (NV-RAM)* sebesar 114 byte, dan memori ini akan dimanfaatkan sebagai penyimpan laporan kumulatif dari total biaya percakapan yang telah dilakukan.

4.1.5.4. Serial Port

Dikarenakan *serial port* pada komputer menggunakan level RS-232 maka, untuk dapat berkomunikasi dengan komputer maka, sistem minimum harus dilengkapi dengan konverter level *Transistor-Transistor Logic (TTL)* ke RS-232. MAX232 buatan Maxim, merupakan salah satu *IC* yang raudah diperoleh dan dapat melakukan fungsi ini sehingga, *IC* ini digunakan sebagai perantara komunikasi antara sistem minimum dengan komputer.

4.1.5.5. Printer Port



Gambar 4.13. Printer Port

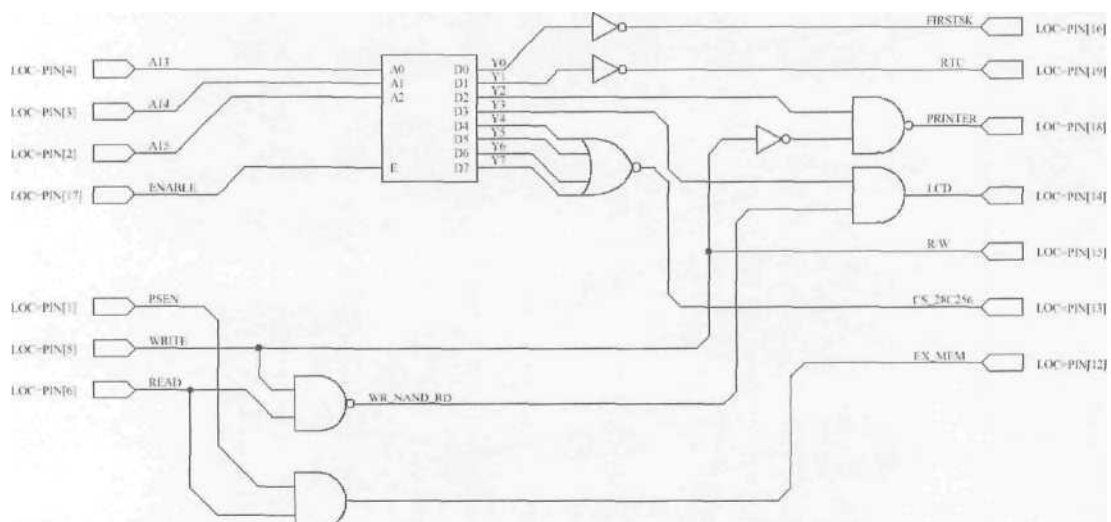
Untuk dapat mengendalikan sebuah *printer*, diperlukan sebuah *IC* sebagai *data latch*, dimana *IC* ini akan berguna sebagai penahan data agar tidak berubah sewaktu mikrokontroler mengakses baris perintah yang berikutnya. Dengan menggunakan 74LS574, kebutuhan ini akan dapat terpenuhi seperti yang terlihat pada gambar 4.13. Data yang ada pada DO sampai D7, setelah diberikan pulsa pada

Data Control (P3.5), akan berpindah ke Q0 sampai Q7. Kemudian, dengan memberikan pulsa pada *Strobe Control* (4000H), data yang telah siap akan dibaca oleh *printer*, baik sebagai data ataupun sebagai perintah. *Pin 11* pada *printer* digunakan sebagai siap tidaknya *printer* menerima data. Bila berlogika 1 maka, *printer* dalam keadaan tidak siap, dan bila berlogika 0 maka, *printer* siap menerima data.

4.1.5.6. Penampil Liquid Crystal Display (LCD)

Untuk penampil yang pertama, digunakan LCD. Dalam hal ini, LCD yang digunakan mempunyai panjang 16 dan memiliki 2 baris karakter. LCD ini memiliki bus dengan arsitektur kontrol dari Motorola dan bukan dari Intel. Pada sistem bus Intel, untuk mengakses baca dan tulis disediakan dua pin sinyal yang terpisah yaitu, *read* dan *write* dimana kedua-duanya aktif pada logika 0 dan hanya salah satu yang akan berlogika 0. Sedangkan pada sistem bus Motorola, pin tersebut menjadi satu yaitu R/W, yang mana bila berlogika 1 berarti membaca, dan bila berlogika 0 berarti menulis. Dengan demikian perlu diberikan suatu rangkaian pengubah sistem tersebut, dan rangkaian tersebut dijadikan satu pada pengaplikasian PLD untuk menghemat penggunaan komponen.

4.1.5.7. Pengaplikasian Programmable Logic Device (PLD)



Gambar 4.14. Rangkaian Pengganti Dengan PLD

Dengan memanfaatkan *PLD*, maka suatu kumpulan rangkaian dengan gerbang logika dapat dijadikan satu dengan pengaturan pin-pin yang lebih fleksibel

Display merupakan tampilan kedua setelah *LCD*. *Display* terdiri dari 16 digit *Seven-Segmen*, yang mana akan menampilkan sama dengan apa yang ditampilkan oleh *LCD*. Dikarenakan pada *port serial* sistem minimum berada pada level RS-232, maka diperlukan lagi satu *IC* konverter MAX232 sebagai perantaranya seperti yang terlihat pada gambar 4.15. Pada *display* ditambahkan juga sebuah *relay* yang berfungsi sebagai pengontrol mikropon sebagai bagian dari detektor suara.

4.1.7. Power Supply

Power supply merupakan sumber tenaga untuk mengoperasikan suatu rangkaian elektronik. Pada rangkaian PDPT dan *display*, diperlukan *power supply* dengan tegangan 5V yang stabil. Tiap *IC* akan mengkonsumsi arus listrik beberapa miliampere sampai beberapa puluh miliampere, seperti yang terlihat pada tabel 4.1.

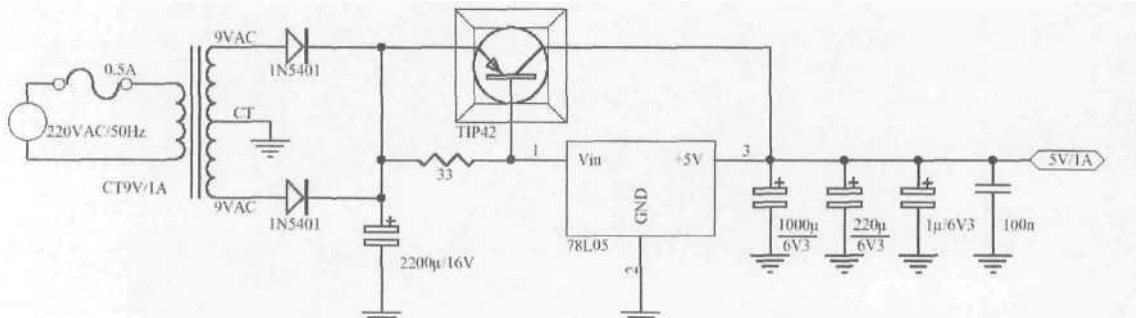
Tabel 4.1. Daftar Konsumsi Arus

Komponen	Konsumsi arus Maksimum (mA)
AT89c51	20
KA567	10
74LS573	24
74LS574	24
M48T86	15
MAX232	10
MT8870	9
AT28c256	70
ATF16V8	20
HJR1-5V	50
LM358	5
LCD+Backlite	40
TLP521	10

Sumber: Datasheet masing-masing Komponen

Dengan menambahkan tiap konsumsi arus listrik maksimum yang akan terpakai, pada rangkaian PDPT akan memerlukan arus sekitar 350 mA. Rangkaian *display* juga memerlukan arus sekitar 350 sampai 400 mA. Dengan demikian, perlu disiapkan *power supply* yang paling tidak sanggup menyediakan arus listrik sebesar 750 mA. *Power supply* sebesar 1 Ampere, akan sangat baik untuk menyediakan cadangan dan menjaga kestabilan arus. Regulator LM7805 merupakan *IC* yang sangat umum dan telah banyak digunakan untuk menyediakan tegangan 5V dengan

kestabilan yang tinggi. Arus keluaran maksimum LM7805 adalah 1 Ampere, tetapi dengan memaksakan LM7805 untuk menyediakan arus sebesar 1 Ampere, akan menghasilkan kalor buangan yang sangat besar, sehingga memerlukan pendinginan yang besar pula.

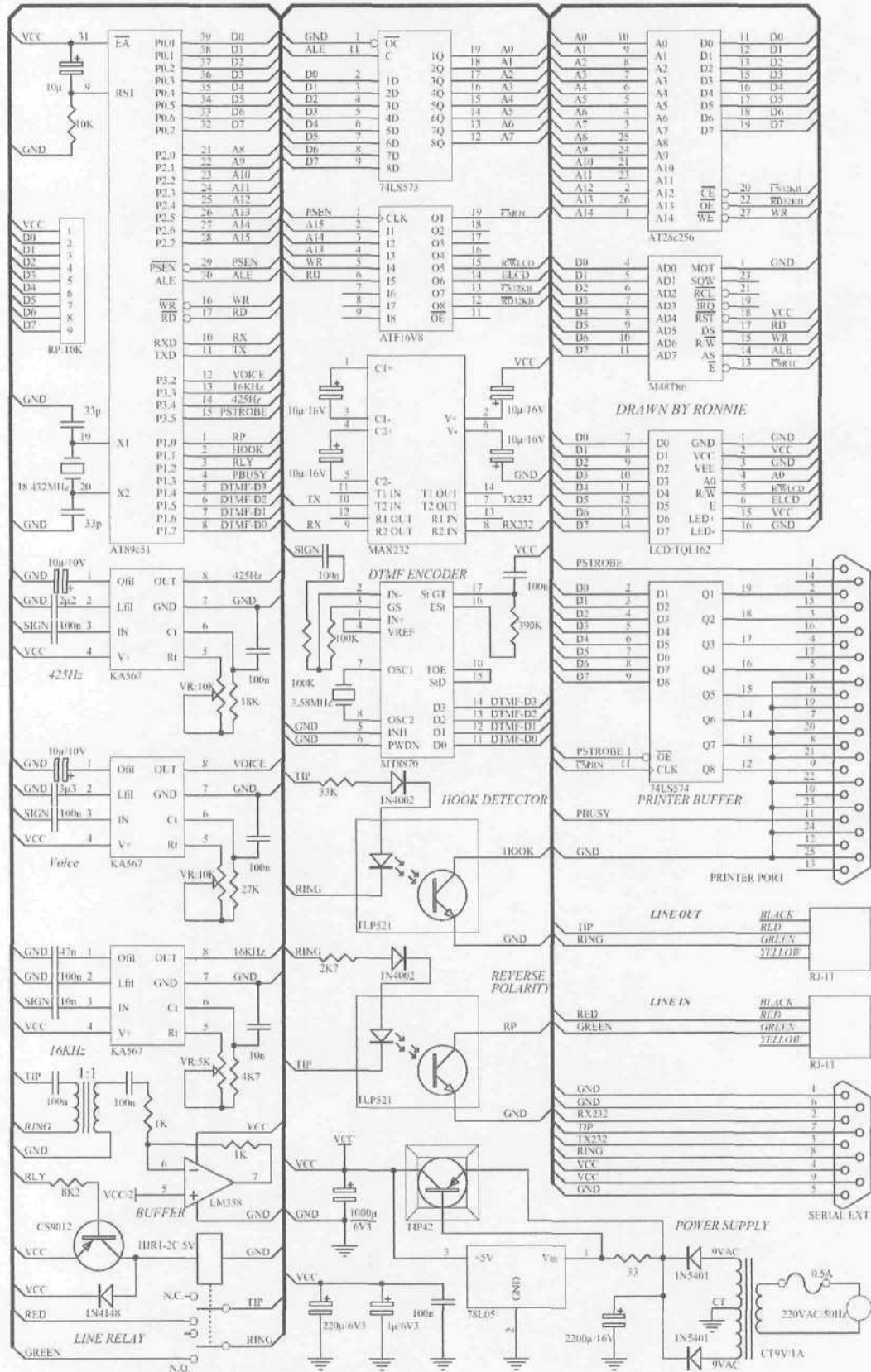


Gambar 4.16. Rangkaian Power Supply 5V/1A

Dalam rangkaian pada gambar 4.16, bila arus keluaran melebihi 20 mA, *transistor* penyangga TIP42 akan mengambil alih tugas dari *IC* pengatur tegangan, dengan demikian dapat ditarik arus sesuai dengan kemampuan maksimum *transistor* penyangga. Karena LM7805 yang digunakan hanya akan bekerja sampai dengan arus keluaran sebesar 20 mA, maka LM78L05 diganti dengan 78L05 yang merupakan versi kecil dari LM7805 dengan arus keluaran maksimum hanya sekitar 100 mA. Arus yang masuk ke 78L05 akan melewati *resistor* sebesar 33 Ω. Arus yang melewati *resistor* akan membentuk tegangan padanya. Bila tegangan padanya lebih besar dari 0,7 Volt maka *transistor* akan menjadi *saturasi* sehingga, arus dapat lewat dengan bebas. Pada 78L05, tegangan keluaran akan tetap sebesar 5Volt. Dengan pertemuan arus dari *transistor* penyangga dengan keluaran dari 78L05 sebesar 5Volt, maka dihasilkan keluaran tegangan 5 Volt dengan arus yang besar. Dikarenakan kapasitas keluaran maksimum trafo yang digunakan adalah 1 Ampere, maka keluaran dari *power supply* ini adalah 5V dengan arus 1A.

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan dalam merancang suatu *power supply* untuk rangkaian yang bersistem minimum. Arus yang stabil sangat berperan dalam menjaga kestabilan operasi dari rangkaian. Tegangan umum 5 Volt yang digunakan haruslah teregulasi dengan baik sehingga, menjadi kebal terhadap *noise*. Penyediaan cadangan arus keluaran menjadi pilihan wajib yang tidak dapat ditawar-tawar lagi karena, rangkaian dapat saja beroperasi dengan tidak semestinya dan menarik arus melebihi arus tipikalnya.

4.1.8. Rangkaian Lengkap PDPT



Gambar 4.17. Rangkaian Lengkap PDPT

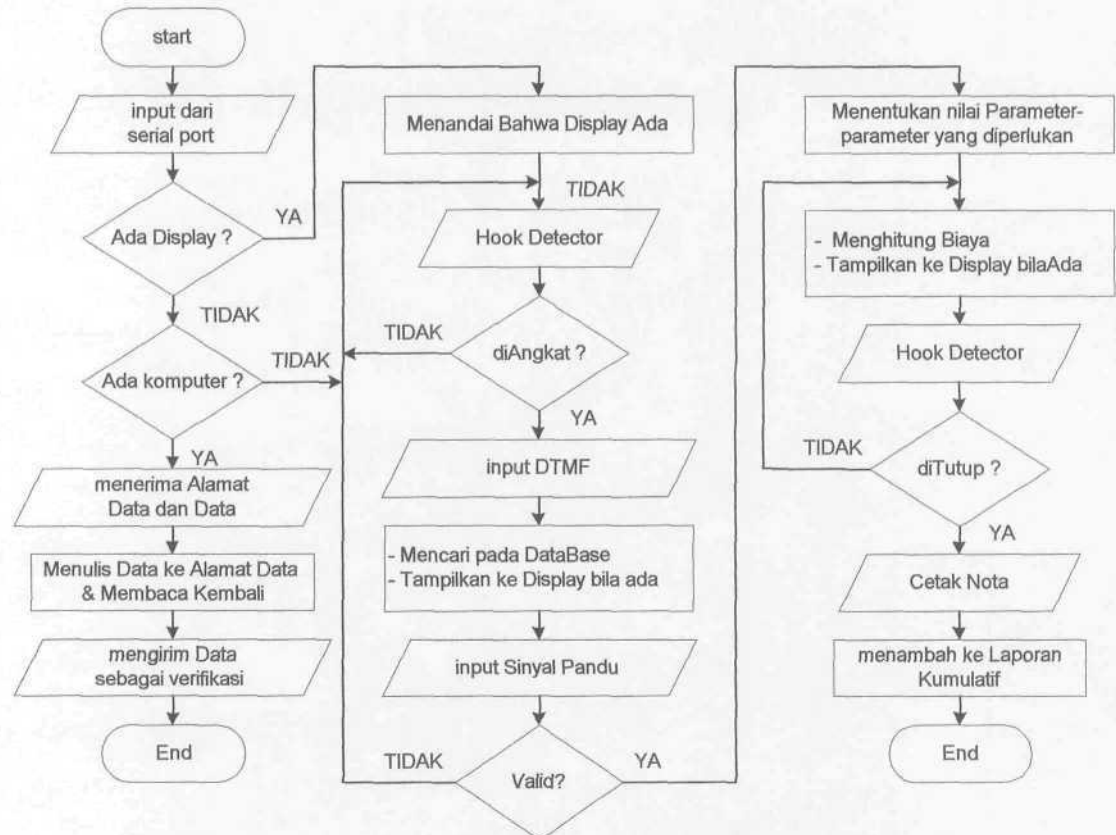
Dengan menggabungkan semua bagian rangkaian PDPT yang ada, maka diperoleh rangkaian lengkap dari PDPT seperti yang terlihat pada gambar 4.1.7. Pada gambar 4.1.7, terlihat bagaimana antara bagian yang satu dengan bagian yang lain terhubung satu sama lain.

4.2. Pembuatan Software

Sistem secara keseluruhan, terdiri dari tiga bagian, yaitu PDPT, *display* dan komputer. Dengan demikian diperlukan tiga software pendukung agar ketiganya dapat bekerjasama dalam satu sistem yang telah di desain.

Pada saat pertama kali diaktifkan, mikrokontroler akan mencari apakah rangkaian terhubung dengan *display* atakah dengan komputer. Bila terhubung dengan *display*, maka operasi PDPT akan langsung memasuki operasi normal, sedangkan bila terhubung dengan komputer, maka PDPT akan langsung memasuki operasi pengaturan.

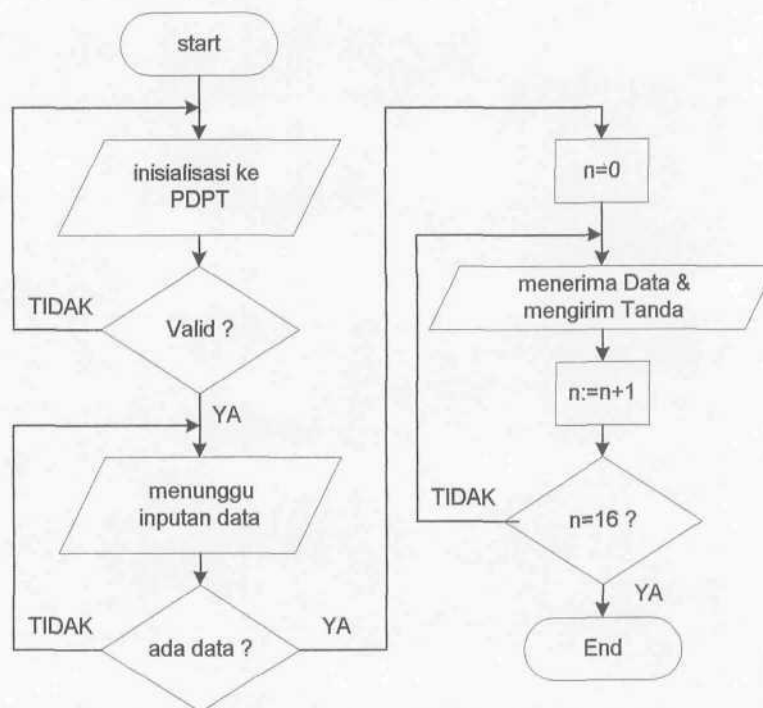
4.2.1. Software Pada PDPT



Gambar 4.18. Diagram Alir Software Pada PDPT

Seperti yang terlihat pada gambar 4.18, sistem kerja PDPT ada dua, yaitu operasi normal dan operasi pengaturan. Pada operasi normal, PDPT akan melakukan kegiatan menghitung biaya percakapan berdasarkan ketentuan yang ada. Pada operasi pengaturan, *software* di komputer hanya akan memerintahkan mikrokontroler untuk mengisi suatu lokasi memori dengan suatu data disertakan dalam komunikasi. Kemudian, PDPT akan mengirimkan data tersebut kembali ke komputer sebagai fasilitas verifikasi data oleh komputer, yang mana bila terjadi kesalahan, perintah penulisan data dapat diulang atas perintah dari komputer.

4.2.2. Software Pada Display



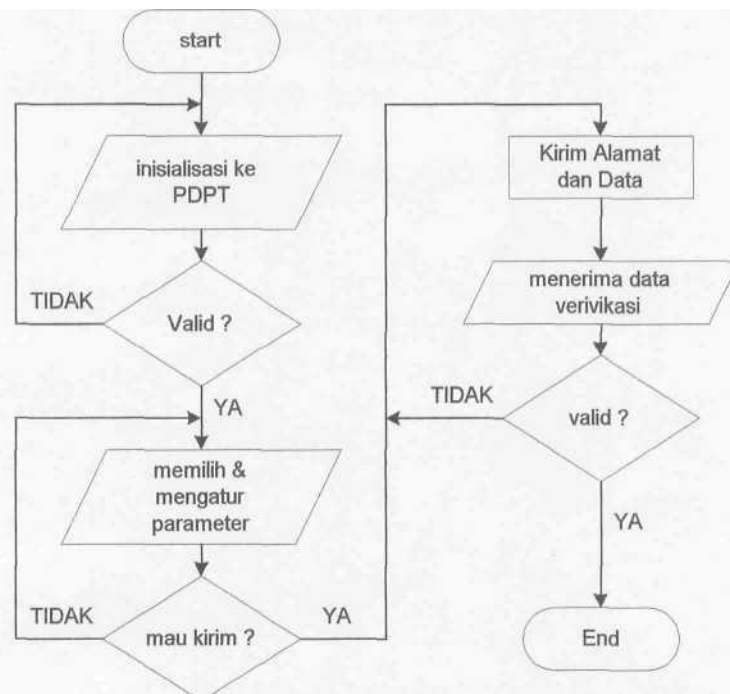
Gambar 4.19. Diagram Alir Software Pada Display

Prinsip dasar kerja dari *display* adalah, menerima data dan menampilkannya ke *seven-segmen* yang ada. Sehingga, diperoleh diagram alir yang sederhana dari *display* ini seperti yang terlihat pada gambar 4.19. Pertama-tama *display* akan melakukan inisialisasi yaitu dengan mengirimkan data sebagai tanda bahwa *display* ada, kemudian *display* akan menunggu balasan dari PDPT, sebagai tanda keduanya telah terhubung dengan baik. Bila dalam tenggang waktu tertentu belum ada balasan maka, *display* akan mengirim kembali data tersebut, hal ini dilakukan terus menerus sampai keduanya terhubung. Kemudian *display* siap menerima data dari PDPT untuk ditampilkan. Data-data yang diterima akan ditampilkan sesuai dengan urutannya

sebanyak 16 urutan sesuai dengan banyaknya digit pada *display*. Data yang diterima akan dikirim kembali sebagai tanda bahwa data telah diterima oleh *display*. Jadi pada operasi normal ini, *display* berada pada posisi yang pasif dan PDPT pada posisi yang aktif.

4.2.3. Software Pada Komputer

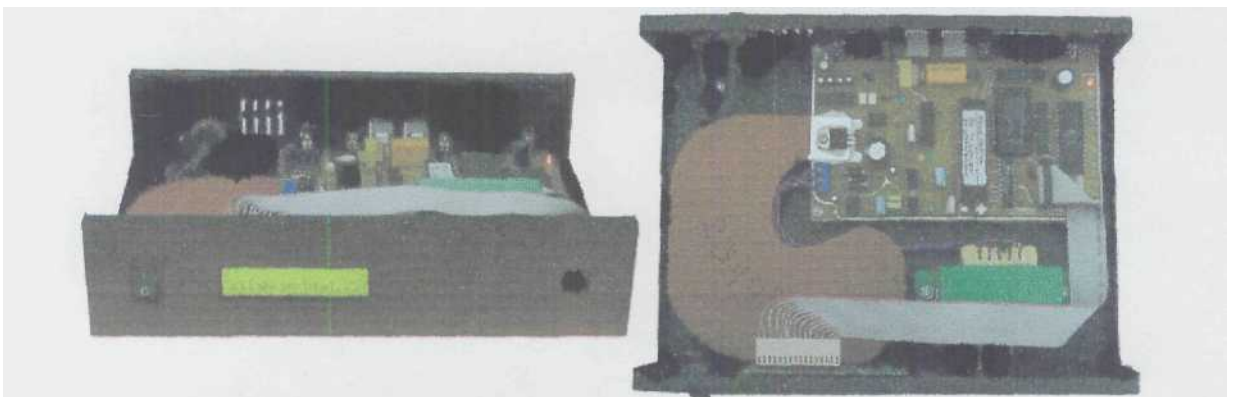
Seperti pada *display*, pertama-tama komputer juga akan melakukan inisialisasi. Bila telah terhubung maka, pada software komputer, dapat dipilih parameter apa saja yang hendak diubah dan dikirimkan ke PDPT. Bila telah dipilih, komputer akan mengirimkan data-data ke PDPT beserta alamat dimana PDPT harus menuliskan data tersebut pada alamat yang disertakan., Setelah itu PDPT akan membaca kembali data yang telah dituliskannya, kemudian dikirim kembali ke komputer sebagai fasilitas verifikasi untuk kebenaran data. Jadi, pada operasi pengaturan ini, komputer berada pada posisi yang aktif dan PDPT pada posisi yang pasif. Software pada komputer ini ditulis dalam bahasa pascal, dengan Turbo Pascal versi 7.0. Dengan demikian diperoleh diagram alir seperti gambar 4.20



Gambar 4.20. Diagram Alir Software Pada Komputer

4.3. Bentuk Fisik Rangkaian

Setelah bekerja dalam pembuatan *hardware* dan *software* untuk perangkat PDPT ini, maka diperoleh suatu alat seperti yang terlihat pada gambar 4.21 sampai 4.23. Gambar 4.21 memperlihatkan gambar dari bentuk fisik rangkaian lengkap PDPT. Gambar 4.20 memperlihatkan gambar dari bentuk fisik rangkaian *display*. Dan, untuk gambar 4.23 memperlihatkan bentuk fisik rangkaian PDPT dan *display* bila disaling dihubungkan.



Gambar 4.21. Bentuk Fisik Rangkaian PDPT



Gambar 4.22. Bentuk Fisik Rangkaian Display



Gambar 4.23. Bentuk Fisik Gabungan PDPT dan Display