

PERANCANGAN TELEMETRI SUHU DENGAN MODULASI DIGITAL FSK -FM

Sukiswo

Jurusan Teknik Elektro – Fak. Teknik Undip

Jl. Prof Sudharto Tembalang, Semarang

E-mail: sukiswok@yahoo.com

Abstrak

Telemetri suhu memberikan kemudahan dalam mengukur suhu jarak jauh, dengan pemanitaan dari tempat yang aman dan memungkinkan Telemetri suhu biasanya diterapkan, pemantauan suhu gunung berapi, pemantauan suhu pada peleburan baja, pemantauan cuaca yang tidak memungkinkan manusia untuk melakukan pengukuran secara langsung pada jarak yang dekat. Selain itu sistem telemetri sering digunakan pada program luar angkasa untuk mengukur suhu permukaan suatu planet, sehingga keadaan cuaca pada suatu planet dapat diperkirakan. Pengiriman informasi pada telemetri dapat dilakukan secara wireline maupun wireless. Teknik pengiriman informasi merupakan salah satu yang menentukan kehandalan sistem telemetri apalagi jika pengiriman informasi dilakukan secara wireless. Untuk itu pengolahan awal sinyal dan teknik modulasi yang dipilih akan sangat menentukan kehandalan sistem telemetri tersebut. Pada makalah ini dijelaskan perancangan perangkat keras telemetri dengan modulasi FSK-FM. Teknik modulasi awal dilakukan secara FSK kemudian dilanjutkan modulasi secara FM. Pada penerima hasil pengukuran ditampilkan pada layar monitor PC sehingga dibuat juga program antarmuka untuk keperluan tersebut. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu bekerja pada jarak maksimum 700 meter. Pada pengujian selama 24 jam diperoleh hasil bahwa suhu udara tertinggi adalah 29,27° C dan suhu terendah adalah 24,63° C. Pada pengukuran terdapat kesalahan pada pengkonversian suhu oleh sensor LM35 yang dipakai dibandingkan dengan termometer. Kesalahan terbesar hasil pengujian sebesar 1,2° C

I. PENDAHULUAN

Sistem telemetri sering digunakan untuk pengukuran di daerah-daerah yang sukar untuk dijangkau manusia seperti gunung, gua atau lembah. Selain itu dalam pemantauan cuaca juga digunakan sistem telemetri, dimana salah satu parameter cuaca adalah suhu udara. Pemantauan yang terus-menerus tidak memungkinkan petugas untuk melakukan pengukuran secara terus-menerus, sehingga petugas cukup meletakkan alat ukur pada tempat pengukuran dan dapat dipantau dari tempat lain.

Pada makalah ini dijelaskan perancangan perangkat keras telemetri dengan modulasi digital FSK-FM. Teknik modulasi awal dilakukan secara FSK kemudian dilanjutkan modulasi secara FM.

Spesifikasi komponen yang dipakai antara lain: sensor yang digunakan adalah LM35 dengan

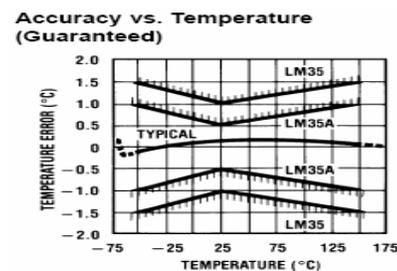
jangkauan 2 sampai 150° C. Peralatan pemancar modulasi frekuensi dengan daya pancar kurang lebih 3 W, dengan frekuensi 110 MHz, dan dideteksi dengan radio penerima FM. Untuk memudahkan pada penerima FM digunakan tuner jadi. Mikrokontroler AT89C51 digunakan sebagai sarana untuk mengubah data paralel menjadi serial UART dengan baudrate 600 bps. Hal ini dilakukan karena data digital hasil konversi ADC masih berupa data paralel, sedangkan data masukan modulator FSK harus serial. *Handshaking* komunikasi serial yang digunakan tanpa bit paritas, 8 bit data dan 1 bit stop. Modem FSK yang dipakai menggunakan IC TCM 3105 dengan baudrate 1200 bps. Untuk menampilkan hasil pengukuran digunakan PC dengan menggunakan bahasa pemrograman Visual Basic 6.

II. DASAR TEORI

Sistem telemetri terbagi dalam tiga blok besar pembangun sistem, antara lain blok sumber data, blok saluran transmisi, dan blok penerima data.

2.1 Sensor Suhu LM35

LM 35 memiliki kelebihan-kelebihan sebagai berikut : dikalibrasi langsung dalam celsius; memiliki factor skala linear + 10.0 mV/°C; memiliki ketepatan 0,5°C pada suhu + 25°C seperti terlihat pada gambar 1; jangkauan maksimal suhu antara 55° sampai +150°C; cocok untuk aplikasi jarak jauh; harga yang cukup murah; bekerja pada tegangan catu 4 sampai 30 Volt; memiliki arus drain kurang dari 60 uA; pemanasan sendiri yang lambat (*low self – heating*), 0,08°C di udara diam; ketidaklinearan hanya sekitar ±1 4°C; dan memiliki impedansi keluaran yang kecil, 0,1 W untuk beban 1 mA.



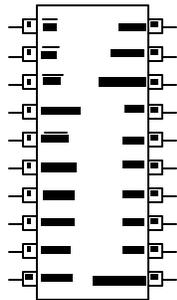
Gambar 2.1. Grafik Hubungan akurasi terhadap suhu untuk sensor LM 35 ^[15]

2.2 Pengubah Analog ke Digital 0804

ADC banyak tersedia dipasaran, tetapi dalam perancangan ini digunakan ADC0804. Gambar 2.2

menunjukkan susunan kaki ADC tersebut. Beberapa karakteristik ADC0804 adalah sebagai berikut:

- Memiliki 2 masukan analog : $V_{in}(+)$ dan $V_{in}(-)$ sehingga memperbolehkan masukan selisih (diferensial). Dengan kata lain, tegangan masukan analog yang sebenarnya adalah selisih dari masukan kedua pin [analog $V_{in} = V_{in}(+) - V_{in}(-)$]. Jika hanya satu masukan maka $V_{in}(-)$ dihubungkan ke ground. Pada operasi normal, ADC menggunakan $V_{cc} = +5V$ sebagai tegangan referensi, dan masukan analog memiliki jangkauan dari 0 sampai 5 V pada skala penuh.
- Mengubah tegangan analog menjadi keluaran digital 8 bit. Sehingga resolusinya adalah $5V/255 = 19.6\text{ mV}$
- Memiliki pembangkit detak (*clock*) internal yang menghasilkan frekuensi $f=1/(1,1RC)$, dengan R dan C adalah komponen eksternal.
- Memiliki koneksi ground yang berbeda antara tegangan digital dan analog. Kaki 8 adalah ground analog. Pin 10 adalah ground digital.



Gambar 2.2. Susunan kaki ADC 0804 [15]

menggunakan register TH1 saja. Pengiriman setiap bit data terjadi setiap Timer 1 overflow sebanyak 32 kali sehingga dapat disimpulkan bahwa:

Baud rate (jumlah bit data yang terkirim tiap detik)

$$\text{adalah } \frac{1}{\text{Timer 1 Overflow} \times 32}$$

Selain variabel-variabel di atas, masih terdapat sebuah variabel lagi yang menjadi pengatur baud rate serial yaitu Bit SMOD pada Register PCON. Apabila bit ini set maka faktor pengali 32 pada persamaan di atas akan berubah menjadi 16. Oleh karena itu dapat disimpulkan formula untuk baud rate serial untuk Mode 1 dan Mode 3 adalah:

$$\text{baud rate} = \frac{\text{fosc}}{12 \times (256 - \text{TH1}) \times K}$$

2.3 Multivibrator Astabil dengan IC 555

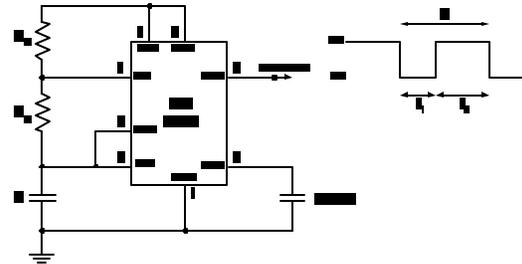
IC 555 merupakan IC pewaktu dengan keluaran TTL yang dapat beroperasi dengan berbagai mode. Keluarannya adalah gelombang kotak yang terus berosilasi pada dua level tegangan dengan jarak waktu tiap level tegangan yang ditentukan oleh nilai R dan C. Jarak waktu tersebut disimbolkan dengan t_1 dan t_2 dan periode T, yang ditunjukkan oleh gambar 2.3. Persamaan yang digunakan adalah :

$$t_1 = 0.693 R_B C$$

$$t_2 = 0.693 (R_A + R_B) C$$

$$T = t_1 + t_2$$

Sedang hal yang harus diperhatikan adalah untuk nilai $R_A = 1\text{ k}\Omega$, $R_A + R_B = 6.6\text{ M}\Omega$, dan $C = 500\text{ pF}$



Gambar 2.3. IC 555 sebagai multivibrator astabil [1].

2.4 Modulasi Digital Pengunci Pergeseran Frekuensi (*Frequency Shift Keying / FSK*)

Eksresi yang umum untuk sebuah sinyal FSK biner adalah diperlihatkan pada persamaan berikut.

$$v(t) = V_C \text{Cos} \left[\left(\omega_C + \frac{fm(t)\Delta\omega}{2} \right) t \right]$$

dengan :

$v(t)$ = adalah bentuk gelombang FSK biner

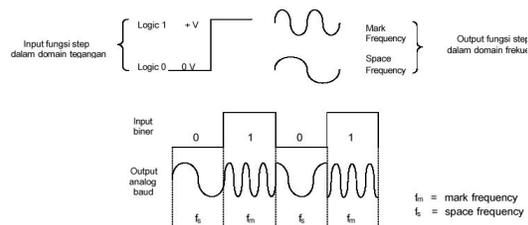
V_C = puncak amplitudo carrier tanpa termodulasi

ω_C = carrier frekuensi (dalam radian)

$fm(t)$ = frekuensi sinyal digital biner pemodulasi

$\Delta\omega$ = beda sinyal pemodulasi (dalam radian)

Pada sebuah modulator FSK biner, *center* dari frekuensi *carrier* tergeser (terdeviasi) oleh masukan data biner. Sebagai konsekuensinya, keluaran pada suatu modulator FSK biner adalah suatu fungsi *step* pada domain frekuensi. Sesuai perubahan sinyal masukan biner dari suatu logic 0 ke logic 1, dan sebaliknya, keluaran FSK bergeser diantara dua frekuensi: suatu *mark frekuensi* atau logic 1 dan suatu *space frekuensi* atau logic 0. Modulator FSK biner, ada suatu perubahan frekuensi keluaran setiap adanya perubahan kondisi logic pada sinyal masukan. Sebagai konsekuensinya, laju perubahan *keluaran* adalah sebanding dengan laju perubahan masukan. Suatu FSK biner secara sederhana diberikan seperti Gambar 2.4.



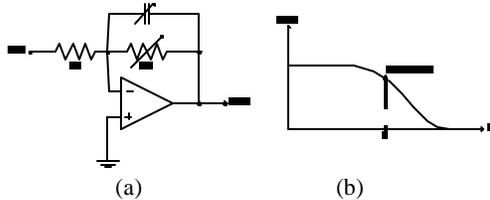
Gambar 2.4. Sistem modulasi FSK biner [1]

2.5 Tapis Pelewat Frekuensi Rendah

Gambar 2.7 a menunjukkan sebuah LPF aktif. Pada frekuensi rendah kapasitor tampak terbuka, dan rangkaian bekerja seperti penguat inverting dengan

penguatan tegangan $-R_2 / R_1$. Jika frekuensi bertambah, reaktansi kapasitif berkurang, menyebabkan penguatan tegangan turun (*drop off*). Jika frekuensi mendekati tak terhingga, kapasitor menjadi seperti terhubung singkat dan penguatan tegangan mendekati nol.

Gambar 2.7 b melukiskan respon keluaran. Sinyal keluaran maksimum pada frekuensi rendah. Jika frekuensi mencapai frekuensi kritis atau sumbat, keluaran turun 3 dB. Di bawah frekuensi ini, penguatan menurun pada kelajuan ideal sebesar 20 dB per decade atau 6 dB per *oktaf* (factor dua perubahan dalam frekuensi).



Gambar 2.5 (a) Tapis frekuensi rendah aktif. (b) respon keluaran

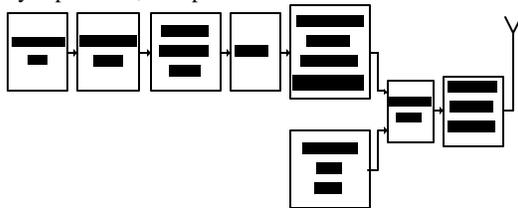
Frekuensi sudut (*corner frequency*) terjadi jika :

$$f_c = \frac{1}{2\pi R_2 C}$$

III. PERANCANGAN

3.1 Bagian Pengirim

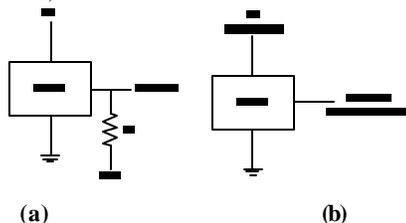
Bagian pengirim ini terdiri dari sensor LM35, pengkondisi sinyal, pengubah analog ke digital (ADC), mikrokontroler sebagai pengubah data paralel menjadi serial UART, pemodulasi pengunci pergeseran frekuensi (FSK), pembangkit sinyal sinus sebagai sinyal penanda, dan pemancar modulasi frekuensi.



Gambar 3.1 Blok diagram pengirim

3.1.1 Sensor Suhu LM 35

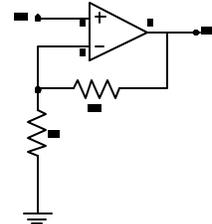
LM 35 memiliki jangkauan maksimum antara -55°C sampai dengan 150°C jika dikonfigurasi seperti gambar 3.2a. Pada perancangan ini LM 35 hanya digunakan untuk jangkauan suhu antara 0°C sampai dengan 150°C, seperti ditunjukkan gambar 3.2b. Keluaran tegangan maksimum LM 35 adalah sekitar 1,5 V.



Gambar 3.2. (a) Konfigurasi LM 35 untuk jangkauan suhu maksimum [15] (b) Konfigurasi dasar LM 35 [15]

3.1.2 Pengkondisi Sinyal

Rangkaian pengkondisi sinyal ini merupakan rangkaian penguat tegangan dengan menggunakan penguat operasional tak membalik seperti gambar berikut ini,



Gambar 3.3 Pengkondisi Sinyal dengan IC LF351 [7]

Tegangan keluaran maksimum yang diinginkan sebesar 5 Volt, sedang tegangan masukan pengkondisi sinyal merupakan tegangan keluaran sensor hanya memiliki nilai maksimum sebesar 1,5 V. sehingga diperlukan penguatan sebesar ;

$$A = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{5}{1,5} = 3,333$$

Sehingga dari persamaan 1 pada bab 2 diperoleh nilai-nilai R1 dan R2 sebagai berikut :

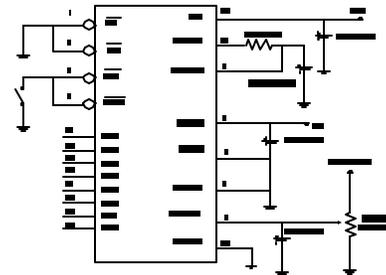
$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_2}{R_1} + 1 = 3,333$$

$$\frac{R_2}{R_1} = 2,333$$

Diambil nilai R1 sebesar 2,2 kΩ, maka nilai R2 sebesar 5,13 kΩ.

3.1.3 Pengubah Analog ke Digital (ADC)

ADC pada rancangan ini digunakan untuk mengubah masukan analog keluaran pengkondisi sinyal menjadi data digital 8 bit. Tipe ADC yang digunakan ADC 0804 pada mode kerja *free running*. Rangkaian *free running* ADC 0804 ditunjukkan pada Gambar 3.4

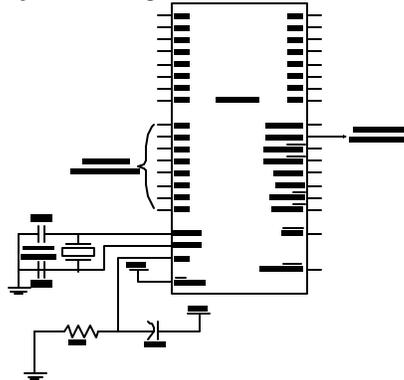


Gambar 3.4 Rangkaian *free running* ADC [14]

3.1.4 Pengubah Data Paralel 8 Bit menjadi Data Serial UART dengan Mikrokontroler AT89C51

3.1.4.1 Perangkat Keras

Data 8 bit keluaran dari pengubah analog ke digital (ADC) 8 bit menjadi masukan mikrokontroller untuk diubah menjadi data serial UART dengan menggunakan mikrokontroler AT89C51. Rangkaian ini ditunjukkan oleh gambar 3.5 di bawah ini.



Gambar 3.5. Sistem minimum AT89C51 [11]

3.1.4.2 Perangkat Lunak

Inti dari perangkat lunak ini adalah untuk mengubah data paralel menjadi data serial UART. Port serial akan digunakan dengan konfigurasi 8 bit UART dengan baud rate 600 baud menggunakan timer 1 untuk menghasilkan detak baudrate.

TH1 diisi dengan nilai yang sesuai dengan baudrate yang diinginkan yaitu 600 baud, dengan demikian isi TH1 adalah

$$TH1 = 256 - \frac{(K \cdot \text{Frekuensi Osilator})}{(384 \cdot \text{Baud Rate})}$$

$$= 256 - \frac{1 \times 11,0592 \text{ MHz}}{384 \times 600} = 208 \text{ desimal}$$

Sehingga TH1 = 208 desimal = D0 H. Nilai K = 1 karena nilai SMOD tidak ditentukan secara software sehingga SMOD = 0. Sehingga $K=2^0=1$.

Berikut adalah program untuk inialisasi port serial adalah :

```

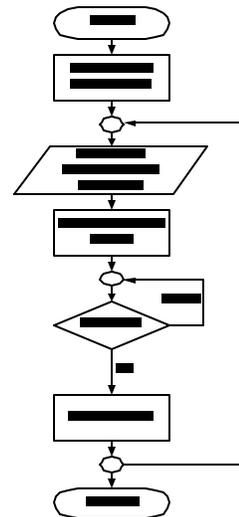
org 00h
init: mov tmod,#020h
      mov th1,#0D0h
      mov scon,#50h
      setb tr1
    
```

Sedang untuk mengubah data paralel menjadi serial adalah sebagai berikut:

```

ubah: mov a,p2
      mov sbuf,a
      jnb ti,$
      clr ti
      sjmp ubah
      end
    
```

Inti dari senarai di atas adalah data masukan paralel 8 bit masuk ke port 2 mikrokontroler kemudian menyimpannya dalam akumulator. Isi akumulator dikirim ke sbuf yang akan mengirimkan data karakter keluar melalui port serial. Jika sudah selesai dikirim maka nilai TI = 1. Untuk dapat mengirimkan data lagi maka TI harus di nol kan lagi. Kemudian mengulangi konversi. Adapun diagram alir dari program tersebut ditunjukkan gambar.

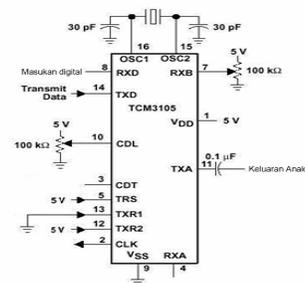


Gambar 3.6. Diagram Alir Program Mikrokontroler

3.1.5 Modulator Pengunci Pergeseran Frekuensi (Frequency Shift Keying / FSK)

Untuk mengirimkan bit-bit digital maka diperlukan suatu sistem modulasi digital yang dapat mengkonversi bit-bit tersebut ke dalam bentuk sinyal analog. Modulasi digital yang dipakai ialah sistem FSK dengan menggunakan rangkaian terintegrasi tipe TCM3105.

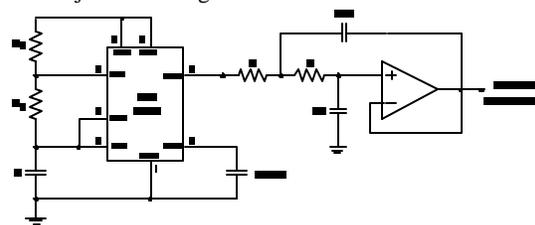
Gambar 3.7 adalah rangkaian lengkap modulator FSK.



Gambar 3.7 Rangkaian Modulator FSK dengan TCM3105 [16]

3.1.6 Pembangkit Sinyal Penanda

Sinyal penanda digunakan sebagai indikator untuk membedakan sinyal informasi dengan sinyal-sinyal lainnya, sehingga hanya sinyal informasi yang diinginkan yang dapat diterima oleh stasiun penerima. Adapun gambar rangkaian pembangkit sinyal penanda ini ditunjukkan oleh gambar 3.8.



Gambar 3.8. Pembangkit Sinyal Penanda

Nilai-nilai komponen yang digunakan adalah komponen yang dapat ditemukan dipasaran. Sehingga besar frekuensi adalah nilai pendekatan dari nilai yang diinginkan.

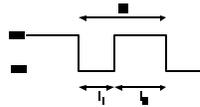
Nilai untuk $R_A=1\text{ k}\Omega$, $R_B=12\text{ k}\Omega$ dan $C=1\text{ nF}$.
 Sehingga besarnya frekuensi sinyal penanda adalah :
 $t_1 = 0,693.R_B.C = 0,693 . 12\text{ k}\Omega . 1\text{ nF} = 8,316\text{ ms}$
 $t_2 = 0,693.(R_A+R_B).C = 0,693 . (12+1)\text{ k}\Omega . 1\text{ nF}$
 $= 9,009\text{ ms}$

$T = t_1+t_2 = 8,316\text{ ms} + 9,009\text{ ms} = 17.325\text{ ms}$

Sehingga besarnya frekuensi;

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{17.325\mu s} = 58\text{ KHz}$$

Disini sinyal yang dihasilkan adalah sinyal kotak seperti gambar 3.9 di bawah ini.



Gambar 3.9. Keluaran dari IC 555

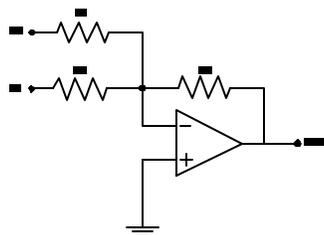
Kemudian dari keluaran IC 555 tersebut dilewatkan tapis pelewat frekuensi rendah yang memiliki frekuensi cut off lebih kecil dari 58 kHz untuk dapat menghasilkan sinyal sinus. Sehingga frekuensi cut off nya ditentukan sebesar 50 kHz.

Nilai $R = 15\text{ k}\Omega$ dan $C_f = 150\text{ pF}$, sehingga nilai frekuensi cut off dapat dihitung ;

$$f_c = \frac{1}{2pRC\sqrt{2}} = \frac{1}{2p(15k)(150p)\sqrt{2}} = 50050,5\text{ Hz} \approx 50\text{ KHz}$$

3.1.7 Penjumlah Sinyal

Penjumlah sinyal ini digunakan untuk menjumlahkan sinyal penanda dan sinyal FSK sebelum masuk ke pemancar FM. Rangkaiannya adalah seperti ditunjukkan gambar 3.10. Nilai $R_1=R_2=R_3=10\text{ k}\Omega$. Nilai-nilai tersebut dipilih nilai yang sama karena diinginkan keluaran tanpa penguatan dan membalik. Pembalikan fasa pada sinyal keluaran dibandingkan sinyal masukan tidak mempengaruhi sinyal informasi, karena nantinya hanya frekuensinya yang dideteksi.



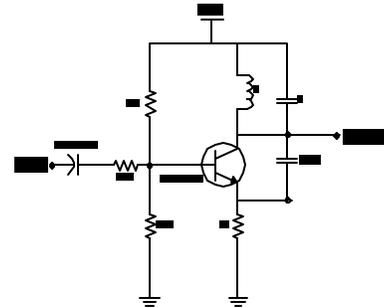
Gambar 3.10. Penjumlah sinyal [7]

3.1.8 Pemancar Modulasi Frekuensi

Pemancar FM ini terdiri dari tiga bagian utama, yaitu osilator, penyangga (buffer) dan penguat daya.

3.1.8.1 Osilator

Osilator yang digunakan adalah osilator LC dengan bentuk rangkaian seperti ditunjukkan gambar 3.11.



Gambar 3.11. Osilator Pemancar FM

Osilator ini diinginkan menghasilkan frekuensi osilasi (f_o) sebesar 110MHz. Sehingga nilai L dan C dapat dicari dengan menggunakan rumus frekuensi resonan dari rangkaian tangki paralel.

Untuk memudahkan penghitungan nilai C ditetapkan dengan nilai yang mudah dicari dipasaran. Pada rangkaian ini menggunakan kapasitor sebesar 10 pF, sehingga nilai L dapat dicari.

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

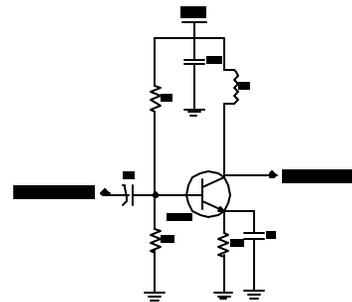
$$110\text{ MHz} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.10.10^{-12}}}$$

$$L = 0,21\text{ uH}$$

Karena sulit mencari nilai induktor yang tepat, maka menggunakan induktor variabel.

3.1.8.2 Rangkaian Penyangga (Buffer)

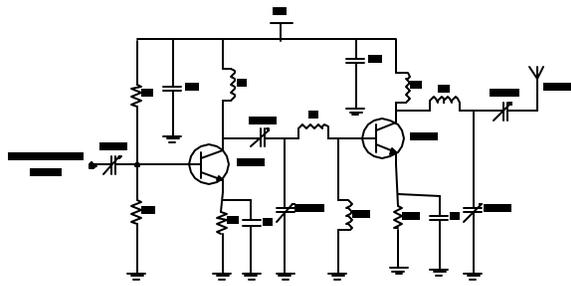
Penyangga berfungsi untuk menstabilkan frekuensi dan/atau amplitudo osilator akibat dari pembebanan tingkat selanjutnya. Rangkaian penyangga menggunakan penguat kelas A seperti ditunjukkan gambar 3.12. Osilator yang dilengkapi dengan penyangga biasanya disebut sebagai exciter. Exciter sebenarnya sudah bisa dipakai sebagai pemancar FM dengan daya yang relatif kecil.



Gambar 3.12 Rangkaian Penyangga (Buffer)

3.1.8.3 Penguat Daya

Sinyal yang didiperoleh dari exciter masih relatif kecil. Untuk mendapatkan daya yang lebih besar dibutuhkan penguat daya frekuensi radio. Pada tugas akhir ini rangkaian penguat daya yang digunakan adalah dua tingkat, yang pertama menggunakan transistor C2053, dan diikuti dengan C1971, seperti terlihat dalam gambar 3.13.



Gambar 3.13 Penguat Daya

3.1.9 Antena Yagi

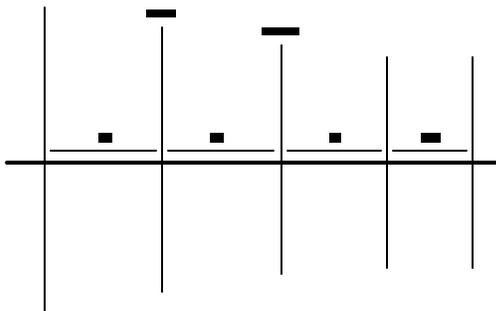
Pada antena yagi terdiri dari 3 elemen utama. Panjang elemen ini bergantung pada frekuensi yang digunakan, yaitu 110 MHz, sehingga panjang tiap-tiap elemennya adalah sebagai berikut :

$$\text{Panjang reflektor} = \frac{153}{110} \text{ meter} = 1,39 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang driven} = \frac{144}{110} \text{ meter} = 1,30 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang direktor} = \frac{133}{110} \text{ meter} = 1,20 \text{ meter}$$

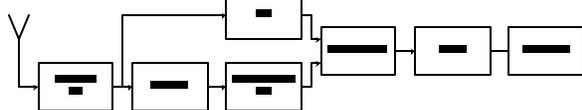
Sedang jarak tiap elemen seperti terlihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.14 Antena yagi

3.2 Bagian Penerima

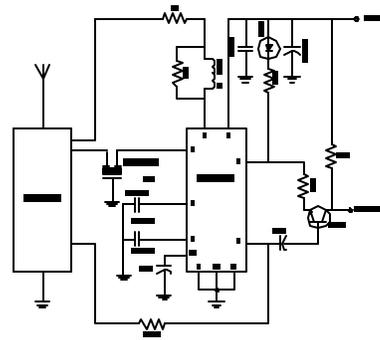
Bagian penerima ini terdiri dari penerima FM, PLL, tapis pelewat frekuensi rendah 3 KHz, demodulator FSK, gerbang NAND dan RS 232. Adapun diagram untuk bagian penerima ini ditunjukkan oleh gambar 3.18.



Gambar 3.15. Blok Diagram Penerima

3.2.1 Penerima FM

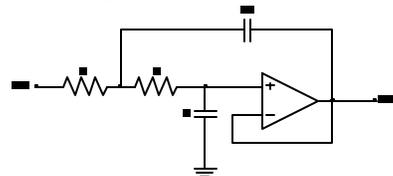
Penerima FM ini menggunakan tuner dan sebuah IC LA 1260 sebagai IC demodulator FM. Tuner yang digunakan adalah tuner build up, yang menghasilkan sinyal IF, yang kemudian diolah oleh IC LA1260, rangkaian lengkap ditunjukkan oleh gambar 3.16.



Gambar 3.16 Penerima FM^[16]

3.2.2 Tapis Pelewat Frekuensi Rendah 4 KHz

Tapis ini digunakan untuk memisahkan sinyal informasi dari sinyal penanda, sebelum sinyal informasi yang berbentuk sinyal analog diubah menjadi digital oleh demodulator FSK. Tapis ini ditunjukkan oleh gambar 3.17.



Gambar 3.17. Tapis pelewat frekuensi rendah^[7]
 Nilai-nilai komponen yang digunakan pada tapis pelewat frekuensi rendah tersebut adalah Nilai R = 3 kΩ dan C = 10 nF, sehingga nilai frekuensi cut off dapat dihitung ;

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{2}} = \frac{1}{2\pi(3k\Omega)(10nF)\sqrt{2}} = 3753,78\text{Hz} \approx 4 \text{ KHz}$$

3.2.3 Demodulator FSK

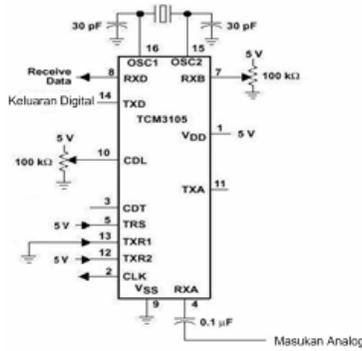
Menurut standar CCITT untuk mengatur mode operasi penerimaan pada demodulator FSK yang menggunakan IC TCM3105 dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Mode operasi demodulator FSK pada TCM3105

TRS	TXR1	TXR2	Baudrate	Frekuensi	
				mark	space
H	L	L	1200	1300	2100
H	L	L	75	390	450
L	L	H	75	390	450
H	L	H	600	1300	1700
H	H	L	1200	1300	2100
H	H	L	600	1300	1700
L	H	H	75	390	450

Mode operasi tersebut digunakan untuk mengatur baudrate pada demodulatornya. Dalam penerimaan data menggunakan baudrate sebesar 1200 bps sehingga TRS, TXR1, dan TXR2 diberi masukan logika rendah (L). Atau TRS diberi masukan logika

rendah (L), TXR1 diberi masukan logika tinggi (H) dan TXR2 diberi masukan logika rendah (L).

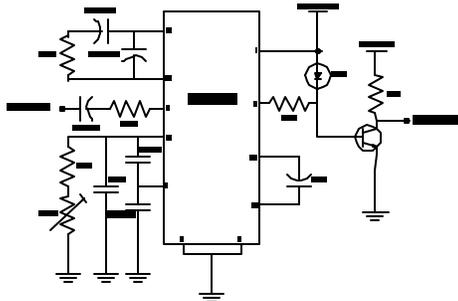


Gambar 3.18 Rangkaian lengkap Demodulator FSK dengan IC TCM3105^[16]

3.2.4 Pendeteksi Sinyal Penanda

Pendeteksi sinyal ini digunakan untuk mendeteksi sinyal yang diinginkan, sehingga pada saat sinyal yang diterima adalah sinyal informasi maka led akan menyala..

Sedangkan untuk mengatur supaya led hanya menyala jika ada sinyal 58 KHz. Maka resistor variable pada pin 16 IC LA3361 perlu diset dengan cara memutarinya sampai nilai yang diinginkan diperoleh.



Gambar 3.19 Pendeteksi sinyal 58 KHz^[16]

3.2.5 Pengkondisi Penerimaan

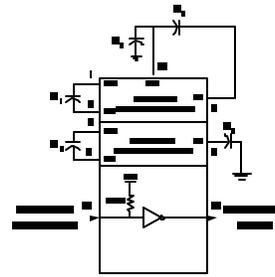
Pengkondisi penerimaan berfungsi untuk menonaktifkan data masukan saat tidak ada sinyal penanda. Keluaran dari demodulator FSK adalah data acak bila masukannya adalah sinyal acak. Hal ini tentunya akan mengganggu pada sistem penerima jika data acak tersebut dikenali sebagai informasi.

Rangkaian gerbang AND digunakan untuk pengkondisi penerimaan. Salah satu masukannya adalah dari PLL pendeteksi sinyal penanda. Bila dalam keadaan ada sinyal penanda, PLL terkunci fasa (lock) maka akan memberikan masukan tinggi. Masukan satunya lagi adalah dari keluaran demodulator FSK. Keluaran dari gerbang adalah data yang akan dimasukkan pada RS232.

3.2.6 RS 232

Bagian ini menggunakan rangkaian terintegrasi (IC) jenis MAX232, yang memang berfungsi untuk mengubah aras tegangan TTL menjadi aras tegangan RS232, dan sebaliknya. MAX232 menggunakan sistem komunikasi *simplex* sehingga difungsikan

untuk mengubah dari aras tegangan logika TTL menjadi aras tegangan logika komputer (RS232).



Gambar 3.20 Antarmuka serial RS232 dengan IC MAX232^[16]

3.2.7 Program Penampil Suhu pada Komputer

Data keluaran RS232 masuk ke komputer melalui port serial, yang kemudian akan diolah dengan menggunakan program Visual Basic 6.

Untuk penerimaan data menggunakan perintah :
Data = asc(MSComm1.Input)

Variabel data di atas sudah langsung dalam bentuk desimal sehingga langsung dapat diolah atau dikonversi menjadi suhu dengan perhitungan matematis sebagai berikut.

$$V_{penguat} = Data * (5/255)$$

$$V_{sensor} = V_{penguat} * (1.5 / 5)$$

$$suhu = V_{sensor} / 0.01$$

Vpenguat merupakan tegangan keluaran pengkondisi sinyal, merupakan hasil penguatan sebesar 5/1,5 kali dari tegangan sensor (Vsensor). Setiap 10 mV atau 0,01 V menunjukkan nilai 1°C.

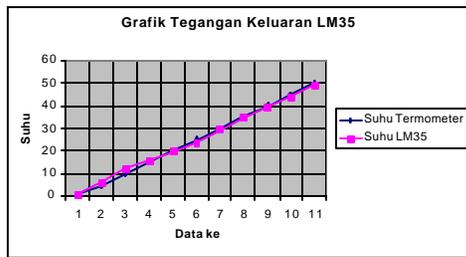
IV. PENGUJIAN SISTEM

4.1. Pengujian Sensor Suhu LM35

Sensor suhu yang digunakan adalah LM35, sensor ini dikonfigurasi untuk dapat mendeteksi suhu antara 0° sampai 150° C. Sensor LM35 menunjukkan bahwa setiap kenaikan 10 mV mewakili kenaikan suhu 1°C. Hasil pengukuran tegangan LM35 dan pengukuran suhu dengan termometer terlihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Pengujian LM35

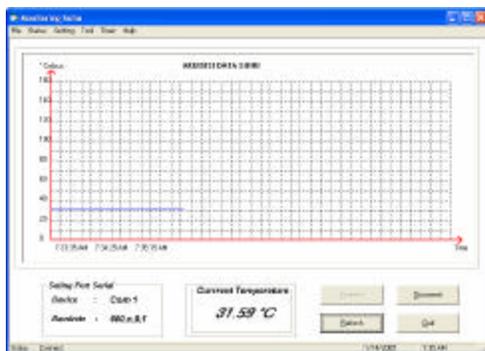
Suhu Termometer (°C)	Tegangan Keluaran LM 35	Konversi Tegangan ke Suhu dari LM 35 (°C)
1	0.012	1.2
5	0.058	5.8
10	0.113	11.3
15	0.160	16.0
20	0.199	19.9
25	0.241	24.1
30	0.294	29.4
35	0.346	34.6
40	0.393	39.3
45	0.441	44.1
50	0.488	48.8



Gambar 4.1 Grafik Perbandingan Pengamatan Suhu dengan Termometer dan LM35

4.2.5 Pengujian Perangkat Lunak

Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan semua blok dan mengaktifkannya. Kemudian keluaran RS232 dihubungkan ke port serial komputer. Jika semua alat (bagian pemancar dan penerima) menyala maka pendeteksi sinyal akan menyala sehingga akan mengkondisikan gerbang AND untuk mengaktifkan penerimaan data sehingga pada layar akan ditampilkan data seperti gambar 4.23. Jika sinyal penanda tidak dideteksi maka gerbang AND akan menonaktifkan penerimaan data sehingga pada layar akan ditampilkan seperti gambar 4.24.



Gambar 4.23. Tampilan saat sinyal penanda terdeteksi

4.2.6 Pengujian Keandalan dan Sistem Secara Keseluruhan

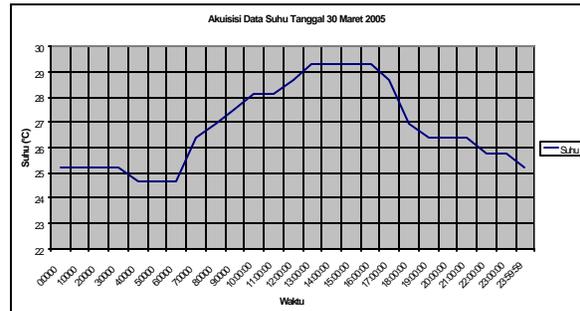
Pengujian ini dilakukan dengan cara menjalankan alat selama 24 jam dengan pengambilan data setiap jam. Sehingga pengaturan perangkat lunak diatur supaya data diambil setiap jam.

Tabel 4.6 Data pengujian selama 1 hari

Jam	Suhu
0:00:00	25,21 °C
1:00:00	25,21 °C
2:00:00	25,21 °C
3:00:00	25,21 °C
4:00:00	24,63 °C
5:00:00	24,63 °C
6:00:00	24,63 °C
7:00:00	26,37 °C
8:00:00	26,95 °C
9:00:00	27,53 °C
10:00:00	28,11 °C
11:00:00	28,11 °C
12:00:00	28,69 °C
13:00:00	29,27 °C
14:00:00	29,27 °C
15:00:00	29,27 °C
16:00:00	29,27 °C
17:00:00	28,69 °C

18:00:00	26,95 °C
19:00:00	26,37 °C
20:00:00	26,37 °C
21:00:00	26,37 °C
22:00:00	25,79 °C
23:00:00	26,37 °C
23:59:59	25,21 °C

Dari tabel 4.6 dapat dibuat grafik seperti ditunjukkan gambar 4.25. Dari grafik ini dapat diamati perubahan suhu udara selama satu hari penuh.



Gambar 4.25 Grafik Suhu terhadap Waktu

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan didapatkan hal-hal penting sebagai berikut:

1. Secara keseluruhan sistem telemetri suhu bekerja dengan baik.
2. Sensor suhu LM35 memiliki nilai kesalahan maksimum sebesar 1,2 °C.
3. Kesalahan pengubahan data dari analog ke digital oleh ADC0804 memiliki kesalahan maksimal sebesar 1,5 bit.
4. Pengubahan data paralel menjadi data serial UART dilakukan oleh mikrokontroler dengan baudrate sebesar 598,80 bps, tanpa bit paritas, 1bit start, 8 bit data dan 1 bit stop.
5. Pada modulasi digital FSK menggunakan frekuensi sebesar 2,08 kHz untuk space dan 1,2 kHz untuk mark.
6. Jangkauan pemancar FM hanya mencapai 700 meter.

DAFTAR PUSTAKA

1. Cooper, George, *Modern Communications and Spread Spectrum*, McGraw Hill Book Company, Singapore 1986
2. Dennis Roody, J. Coolen, *Komunikasi Elektronika, J.I.*, Erlangga, Jakarta 1986.
3. Erwin, Robert M. *Pengantar Telekomunikasi*, Elex Media Komputindo, Jakarta, 1986
4. Ibnu Malik, Muhammad, Anistardi, *Bereksperimen dengan Mikrokontroler 8031*, Elex Media Komputindo, Jakarta, 19973
5. Kraus, John D, *Antennas*, McGraw Hill Book Company, Singapore, 1988
6. Leon W/CouchII, *Digital and Analog Communication System*, Prentice Hall, 1997