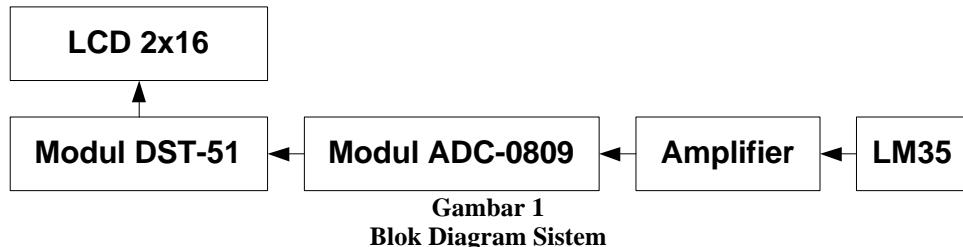


THERMOMETER DIGITAL DENGAN MODUL DST-51, ADC-0809 DAN LCD 2X16



**Gambar 1
Blok Diagram Sistem**

Aplikasi thermometer digital dilakukan dengan melakukan konversi suhu menjadi data digital sehingga dapat diolah mikrokontroler. Proses konversi pertama kali dilakukan dengan mengubah suhu menjadi tegangan analog dan dilanjutkan dengan konversi tegangan analog menjadi data digital.

Konversi suhu menjadi tegangan analog dilakukan dengan menggunakan sensor suhu tipe LM35 di mana sensor ini dapat beroperasi dengan menggunakan tegangan sumber di antara 4 – 30 volt DC. Keluaran sensor ini akan naik sebesar 10 mV setiap derajat Celcius sehingga diperoleh persamaan berikut:

$$V_{LM35} = \text{Temperatur} * 10 \text{ mV}$$

Modul ADC-0809 adalah merupakan modul konversi tegangan analog ke digital dengan spesifikasi:

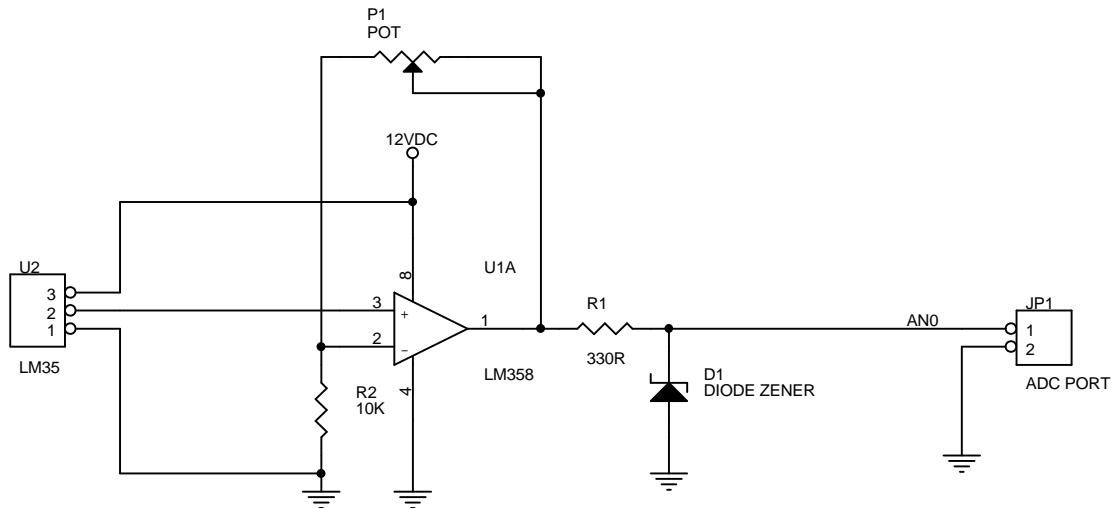
- Konversi digital 8 bit
- Resolusi 1 LSB
- Tegangan input maksimum 5Volt

Oleh karena itu ketelitian modul ini dalam satuan tegangan adalah:

$$\text{Ketelitian (V)} = \frac{\text{Resolusi} * \text{skala maksimum}}{2^8 - 1}$$

$$= 0,0196 \text{ volt atau } 19,6 \text{ mV}$$

Dengan toleransi ketelitian 19,6 mV maka keluaran LM35 yang mempunyai kenaikan 10 mV untuk setiap derajat Celcius tidak dapat langsung dihubungkan ke Modul ADC-0809. Toleransi ketelitian yang lebih besar dari tingkat kenaikan tegangan yang diukur akan menyebabkan kesalahan dalam pengukuran. Untuk menghindari kesalahan tersebut maka tingkat kenaikan tegangan yang diukur harus dikuatkan dengan menggunakan rangkaian amplifier sehingga tingkat kenaikan tegangan berada di atas toleransi ketelitian.



Gambar 2
Rangkaian Amplifier

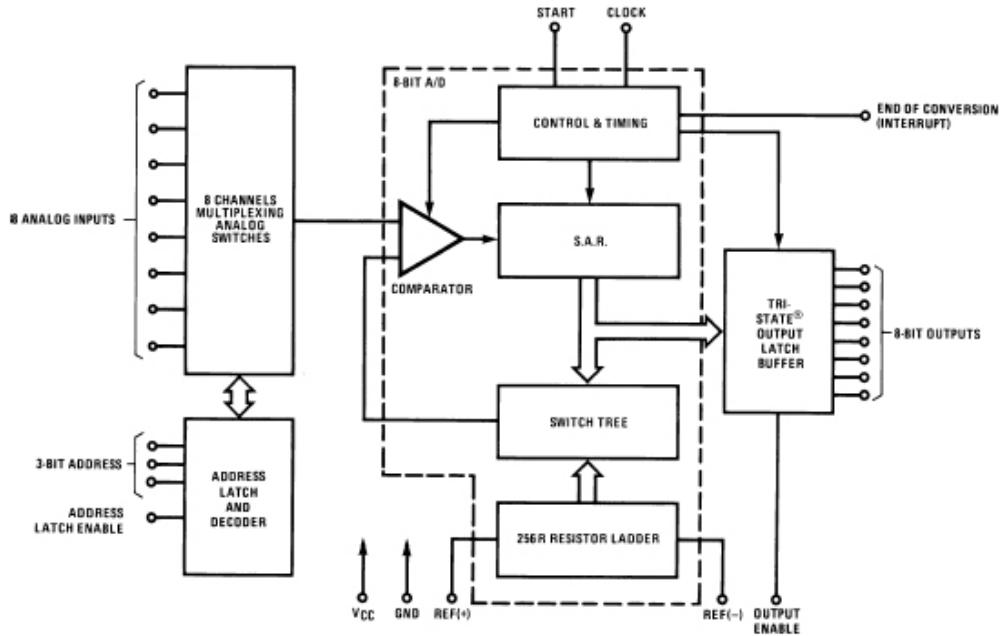
Rangkaian Non Inverting Amplifier pada gambar 2 dengan potensio P1 sebesar 100K dapat digunakan untuk mengatur agar keluaran dari LM35 menjadi 5 kali lebih besar sehingga keluaran amplifier ini dapat menghasilkan kenaikan tegangan sebesar 50 mV untuk setiap Derajat Celcius.

LM358 pada rangkaian amplifier ini menggunakan sumber tegangan sebesar 12 volt sehingga dioda zener D1 dan resistor R1 digunakan pada keluaran amplifier ini untuk menjaga agar batas maksimum tegangan hanya mencapai 5 Volt saja dan melindungi Modul ADC-0809 dari tegangan yang berlebih.

Modul ADC-0809

ADC0809 adalah IC pengubah tegangan analog menjadi digital dengan masukan berupa 8 kanal input yang dapat dipilih. IC ADC0809 dapat melakukan proses konversi secara terkontrol ataupun free running. Modul AD-0809 yang didisain terhubung dengan Modul DST-51 dikhususkan untuk melakukan proses konversi secara terkontrol, yaitu sebuah proses konversi perubahan tegangan dari analog ke digital berdasarkan perintah dari mikrokontroler.

ADC ini mempunyai ketelitian sebesar 1 bit LSB, untuk ketelitian yang lebih akurat $\frac{1}{2}$ bit LSB, IC ini dapat digantikan dengan ADC0808 yang mempunyai konfigurasi pin sama persis dengan ADC0809. ADC0809 melakukan konversi tegangan analog ke digital dengan menggunakan metode SAR (successive approximation register) dengan resolusi 8 bit dan waktu konversi 100 uS.



Gambar 3
Blok Diagram ADC (diambil dari data sheet National Semiconductor)

Seperti yang terlihat pada gambar 3, ADC ini mempunyai 8 kanal saklar analog multipleks yang diatur oleh *Address Latch and Decoder* di mana multiplexer ini akan meneruskan sinyal analog tersebut ke bagian konversi tegangan. Pada mode terkontrol, proses konversi dilakukan setelah perintah start yaitu logika 1 pada kaki START diberikan. Kecepatan konversi tergantung dari frekwensi clock yang diberikan oleh rangkaian eksternal. Sedangkan hasil konversi dikirimkan ke Tri State Output Latch Buffer yang kompatibel dengan level TTL, yaitu sebuah buffer penahan yang bersifat tiga tingkat di mana tingkat pertama terjadi pada saat data hasil konversi masuk ke input dari bagian ini. Tingkat kedua saat data tersebut di latch (terjadi secara otomatis dalam IC ini setiap kali konversi) ke dalam buffer internalnya dan tingkat ketiga saat sinyal OE yang berlogika 1 diberikan ke kaki OE IC ini sehingga data yang ada dalam buffer internal dikirim ke bagian output (D0...D7). Selama kaki OE masih berlogika 0 maka jalur output (D0...D7) bersifat *high impedance* (impedansi tinggi) sehingga pada suatu sistem yang kompleks, jalur ini masih dapat digunakan oleh komponen lain yang mempunyai kemampuan akses dengan menggunakan sistem bus

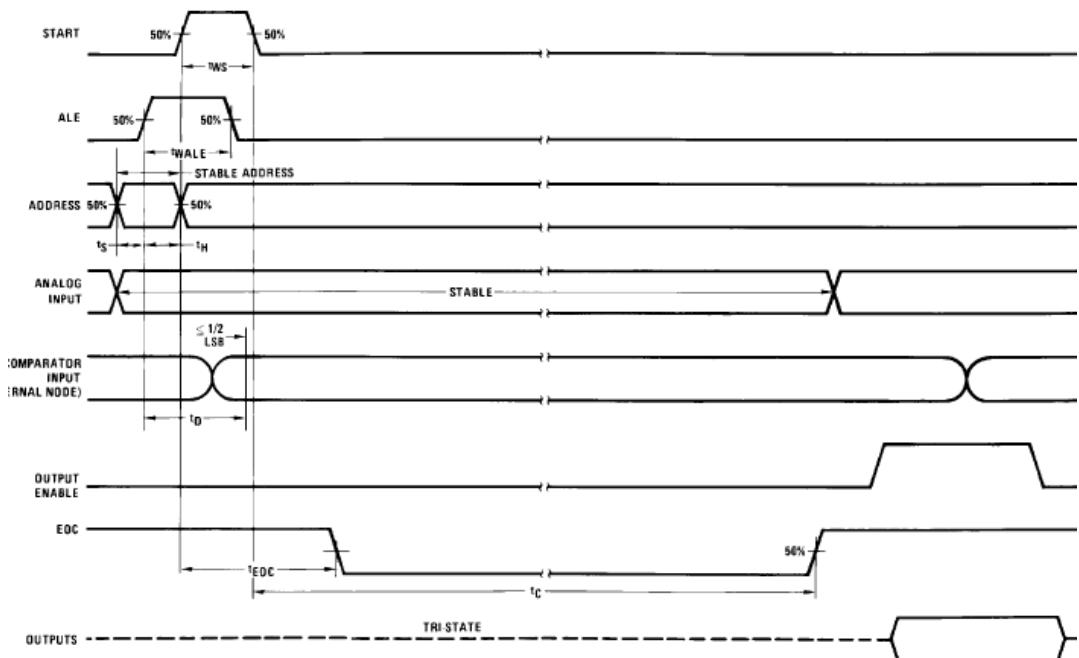
Pemilihan Kanal Input ADC0809

ADC0809 mempunyai 8 buah kanal input yang diatur oleh kaki A0, A1 dan A2 sesuai dengan tabel berikut:

Tabel 1

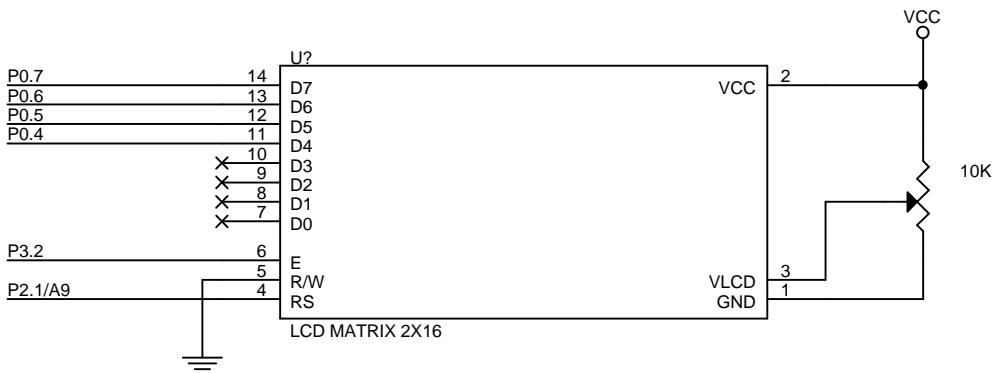
| SELECTED ANALOG CHANNEL | ADDRESS LINE | | |
|-------------------------------|--------------|----|----|
| | A2 | A1 | A0 |
| IN0 | L | L | L |
| IN1 | L | L | H |
| IN2 | L | H | L |
| IN3 | L | H | H |
| IN4 | H | L | L |
| IN5 | H | L | H |
| IN6 | H | H | L |
| IN7 | H | H | H |

Proses Konversi ADC0809



Gambar 4
Timing Diagram ADC0809 (diambil dari data sheet National Semiconductor)

Pada timing diagram di atas, tampak proses konversi mulai terjadi saat sinyal ALE dan Start muncul. Sinyal analog di kanal sesuai yang ditunjuk berdasarkan kaki A0, A1 dan A2 akan dikonversi menjadi digital. Akhir proses konversi terjadi dengan adanya perubahan dari logika 0 ke logika 1 pada kaki EOC. Data hasil konversi akan muncul di Data Bus (D0...D7) saat sinyal OE berlogika 1 muncul.



Gambar 5
Hubungan LCD 2x16 dengan Modul DST-51

Perangkat Lunak

Inti dari bagian perangkat lunak ini sebetulnya adalah merupakan konversi dari data digital dari Modul ADC-0809 menjadi data suhu dalam bentuk desimal yang dapat ditampilkan pada LCD.

Data-data yang diambil oleh ADC adalah berupa data tegangan dalam bentuk hexa sedangkan data yang akan ditampilkan ke LCD adalah berupa suhu dalam bentuk desimal. Pertama-tama perangkat lunak pada Modul DST-51 mengubah data tegangan menjadi data suhu. Proses konversi dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Suhu} = \frac{\text{Hasil ADC} * \text{Kenaikan tegangan tiap bit}}{\frac{1}{\text{Kenaikan Tegangan amplifier}}}$$

$$\text{Suhu} = \frac{\text{Hasil ADC} * 0,019607}{\frac{1}{0,05}}$$

$$\text{Suhu} = \text{Hasil ADC} * 0,019607 * 20$$

Modul ADC-0809 melakukan konversi menjadi 8 bit data digital. Oleh karena itu dengan memanfaatkan memori sebesar 256 byte saja maka proses konversi dari Hasil ADC menjadi suhu dapat dilakukan dengan mudah tanpa melalui proses aritmatika dengan menggunakan tabel konversi.

Tabel 2 Konversi Data ADC ke Suhu

| Hasil ADC | Suhu (°C) | Pembulatan (°C) |
|--------------|-------------|-----------------|
| 01H | 0,392156863 | 0 |
| 02H | 0,784313725 | 1 |
| 03H | 1,176470588 | 1 |
| 04H | 1,568627451 | 2 |
| 05H | 1,960784314 | 2 |
| 06H | 2,352941176 | 2 |
| 07H | 2,745098039 | 3 |
| 05H | 1,960784314 | 2 |
| 06H | 2,352941176 | 2 |

| | | |
|-----|-------------|----|
| 07H | 2,745098039 | 3 |
| 08H | 3,137254902 | 3 |
| 09H | 3,529411765 | 4 |
| 0AH | 3,921568627 | 4 |
| 0BH | 4,31372549 | 4 |
| 0CH | 4,705882353 | 5 |
| 0DH | 5,098039216 | 5 |
| 0EH | 5,490196078 | 5 |
| 0FH | 5,882352941 | 6 |
| 10H | 6,274509804 | 6 |
| 11H | 6,666666667 | 7 |
| 12H | 7,058823529 | 7 |
| 13H | 7,450980392 | 7 |
| 14H | 7,843137255 | 8 |
| 15H | 8,235294118 | 8 |
| 16H | 8,62745098 | 9 |
| 17H | 9,019607843 | 9 |
| 18H | 9,411764706 | 9 |
| 19H | 9,803921569 | 10 |
| 1AH | 10,19607843 | 10 |
| 1BH | 10,58823529 | 11 |
| 1CH | 10,98039216 | 11 |
| 1DH | 11,37254902 | 11 |
| 1EH | 11,76470588 | 12 |
| 1FH | 12,15686275 | 12 |
| 20H | 12,54901961 | 13 |
| 21H | 12,94117647 | 13 |
| 22H | 13,33333333 | 13 |
| 23H | 13,7254902 | 14 |
| 24H | 14,11764706 | 14 |
| 25H | 14,50980392 | 15 |
| 26H | 14,90196078 | 15 |
| 27H | 15,29411765 | 15 |
| 28H | 15,68627451 | 16 |
| 29H | 16,07843137 | 16 |
| 2AH | 16,47058824 | 16 |
| 2BH | 16,8627451 | 17 |
| 2CH | 17,25490196 | 17 |
| 2DH | 17,64705882 | 18 |
| 2EH | 18,03921569 | 18 |
| 2FH | 18,43137255 | 18 |
| 30H | 18,82352941 | 19 |
| 31H | 19,21568627 | 19 |
| 32H | 19,60784314 | 20 |
| 33H | 20 | 20 |
| 34H | 20,39215686 | 20 |
| 35H | 20,78431373 | 21 |
| 36H | 21,17647059 | 21 |

| | | |
|-----|-------------|----|
| 37H | 21,56862745 | 22 |
| 38H | 21,96078431 | 22 |
| 39H | 22,35294118 | 22 |
| 3AH | 22,74509804 | 23 |
| 3BH | 23,1372549 | 23 |
| 3CH | 23,52941176 | 24 |
| 3DH | 23,92156863 | 24 |
| 3EH | 24,31372549 | 24 |
| 3FH | 24,70588235 | 25 |
| 40H | 25,09803922 | 25 |
| 41H | 25,49019608 | 25 |
| 42H | 25,88235294 | 26 |
| 43H | 26,2745098 | 26 |
| 44H | 26,66666667 | 27 |
| 45H | 27,05882353 | 27 |
| 46H | 27,45098039 | 27 |
| 47H | 27,84313725 | 28 |
| 48H | 28,23529412 | 28 |
| 49H | 28,62745098 | 29 |
| 4AH | 29,01960784 | 29 |
| 4BH | 29,41176471 | 29 |
| 4CH | 29,80392157 | 30 |
| 4DH | 30,19607843 | 30 |
| 4EH | 30,58823529 | 31 |
| 4FH | 30,98039216 | 31 |
| 50H | 31,37254902 | 31 |
| 51H | 31,76470588 | 32 |
| 52H | 32,15686275 | 32 |
| 53H | 32,54901961 | 33 |
| 54H | 32,94117647 | 33 |
| 55H | 33,33333333 | 33 |
| 56H | 33,7254902 | 34 |
| 57H | 34,11764706 | 34 |
| 58H | 34,50980392 | 35 |
| 59H | 34,90196078 | 35 |
| 5AH | 35,29411765 | 35 |
| 5BH | 35,68627451 | 36 |
| 5CH | 36,07843137 | 36 |
| 5DH | 36,47058824 | 36 |
| 5EH | 36,8627451 | 37 |
| 5FH | 37,25490196 | 37 |
| 60H | 37,64705882 | 38 |
| 61H | 38,03921569 | 38 |
| 62H | 38,43137255 | 38 |
| 63H | 38,82352941 | 39 |
| 64H | 39,21568627 | 39 |
| 65H | 39,60784314 | 40 |
| 66H | 40 | 40 |

| | | |
|-----|-------------|----|
| 67H | 40,39215686 | 40 |
| 68H | 40,78431373 | 41 |
| 69H | 41,17647059 | 41 |
| 6AH | 41,56862745 | 42 |
| 6BH | 41,96078431 | 42 |
| 6CH | 42,35294118 | 42 |
| 6DH | 42,74509804 | 43 |
| 6EH | 43,1372549 | 43 |
| 6FH | 43,52941176 | 44 |
| 70H | 43,92156863 | 44 |
| 71H | 44,31372549 | 44 |
| 72H | 44,70588235 | 45 |
| 73H | 45,09803922 | 45 |
| 74H | 45,49019608 | 45 |
| 75H | 45,88235294 | 46 |
| 76H | 46,2745098 | 46 |
| 77H | 46,66666667 | 47 |
| 78H | 47,05882353 | 47 |
| 79H | 47,45098039 | 47 |
| 7AH | 47,84313725 | 48 |
| 7BH | 48,23529412 | 48 |
| 7CH | 48,62745098 | 49 |
| 7DH | 49,01960784 | 49 |
| 7EH | 49,41176471 | 49 |
| 7FH | 49,80392157 | 50 |
| 80H | 50,19607843 | 50 |
| 81H | 50,58823529 | 51 |
| 82H | 50,98039216 | 51 |
| 83H | 51,37254902 | 51 |
| 84H | 51,76470588 | 52 |
| 85H | 52,15686275 | 52 |
| 86H | 52,54901961 | 53 |
| 87H | 52,94117647 | 53 |
| 88H | 53,33333333 | 53 |
| 89H | 53,7254902 | 54 |
| 8AH | 54,11764706 | 54 |
| 8BH | 54,50980392 | 55 |
| 8CH | 54,90196078 | 55 |
| 8DH | 55,29411765 | 55 |
| 8EH | 55,68627451 | 56 |
| 8FH | 56,07843137 | 56 |
| 90H | 56,47058824 | 56 |
| 91H | 56,8627451 | 57 |
| 92H | 57,25490196 | 57 |
| 93H | 57,64705882 | 58 |
| 94H | 58,03921569 | 58 |
| 95H | 58,43137255 | 58 |
| 96H | 58,82352941 | 59 |

| | | |
|-----|-------------|----|
| 97H | 59,21568627 | 59 |
| 98H | 59,60784314 | 60 |
| 99H | 60 | 60 |
| 9AH | 60,39215686 | 60 |
| 9BH | 60,78431373 | 61 |
| 9CH | 61,17647059 | 61 |
| 9DH | 61,56862745 | 62 |
| 9EH | 61,96078431 | 62 |
| 9FH | 62,35294118 | 62 |
| A0H | 62,74509804 | 63 |
| A1H | 63,1372549 | 63 |
| A2H | 63,52941176 | 64 |
| A3H | 63,92156863 | 64 |
| A4H | 64,31372549 | 64 |
| A5H | 64,70588235 | 65 |
| A6H | 65,09803922 | 65 |
| A7H | 65,49019608 | 65 |
| A8H | 65,88235294 | 66 |
| A9H | 66,2745098 | 66 |
| AAH | 66,66666667 | 67 |
| ABH | 67,05882353 | 67 |
| ACH | 67,45098039 | 67 |
| ADH | 67,84313725 | 68 |
| AEH | 68,23529412 | 68 |
| AFH | 68,62745098 | 69 |
| B0H | 69,01960784 | 69 |
| B1H | 69,41176471 | 69 |
| B2H | 69,80392157 | 70 |
| B3H | 70,19607843 | 70 |
| B4H | 70,58823529 | 71 |
| B5H | 70,98039216 | 71 |
| B6H | 71,37254902 | 71 |
| B7H | 71,76470588 | 72 |
| B8H | 72,15686275 | 72 |
| B9H | 72,54901961 | 73 |
| BAH | 72,94117647 | 73 |
| BBH | 73,33333333 | 73 |
| BCH | 73,7254902 | 74 |
| BDH | 74,11764706 | 74 |
| BEH | 74,50980392 | 75 |
| BFH | 74,90196078 | 75 |
| C0H | 75,29411765 | 75 |
| C1H | 75,68627451 | 76 |
| C2H | 76,07843137 | 76 |
| C3H | 76,47058824 | 76 |
| C4H | 76,8627451 | 77 |
| C5H | 77,25490196 | 77 |
| C6H | 77,64705882 | 78 |

| | | |
|-----|-------------|----|
| C7H | 78,03921569 | 78 |
| C8H | 78,43137255 | 78 |
| C9H | 78,82352941 | 79 |
| CAH | 79,21568627 | 79 |
| CBH | 79,60784314 | 80 |
| CCH | 80 | 80 |
| CDH | 80,39215686 | 80 |
| CEH | 80,78431373 | 81 |
| CFH | 81,17647059 | 81 |
| D0H | 81,56862745 | 82 |
| D1H | 81,96078431 | 82 |
| D2H | 82,35294118 | 82 |
| D3H | 82,74509804 | 83 |
| D4H | 83,1372549 | 83 |
| D5H | 83,52941176 | 84 |
| D6H | 83,92156863 | 84 |
| D7H | 84,31372549 | 84 |
| D8H | 84,70588235 | 85 |
| D9H | 85,09803922 | 85 |
| DAH | 85,49019608 | 85 |
| DBH | 85,88235294 | 86 |
| DCH | 86,2745098 | 86 |
| DDH | 86,66666667 | 87 |
| DEH | 87,05882353 | 87 |
| DFH | 87,45098039 | 87 |
| E0H | 87,84313725 | 88 |
| E1H | 88,23529412 | 88 |
| E2H | 88,62745098 | 89 |
| E3H | 89,01960784 | 89 |
| E4H | 89,41176471 | 89 |
| E5H | 89,80392157 | 90 |
| E6H | 90,19607843 | 90 |
| E7H | 90,58823529 | 91 |
| E8H | 90,98039216 | 91 |
| E9H | 91,37254902 | 91 |
| EAH | 91,76470588 | 92 |
| EBH | 92,15686275 | 92 |
| ECH | 92,54901961 | 93 |
| EDH | 92,94117647 | 93 |
| EEH | 93,33333333 | 93 |
| EFH | 93,7254902 | 94 |
| F0H | 94,11764706 | 94 |
| F1H | 94,50980392 | 95 |
| F2H | 94,90196078 | 95 |
| F3H | 95,29411765 | 95 |
| F4H | 95,68627451 | 96 |
| F5H | 96,07843137 | 96 |
| F6H | 96,47058824 | 96 |

| | | |
|-----|-------------|-----|
| F7H | 96,8627451 | 97 |
| F8H | 97,25490196 | 97 |
| F9H | 97,64705882 | 98 |
| FAH | 98,03921569 | 98 |
| FBH | 98,43137255 | 98 |
| FCH | 98,82352941 | 99 |
| FDH | 99,21568627 | 99 |
| FEH | 99,60784314 | 100 |
| FFH | 100 | 100 |

Hasil dari tabel konversi yang terlihat pada kolom pembulatan sudah berupa data suhu, namun data tersebut masih berbentuk hexa desimal, sehingga tidak dapat langsung ditampilkan ke LCD. Oleh karena itu hasil dari tabel konversi tersebut masih harus dikonversi lagi ke dalam bentuk BCD.

Potongan program untuk konversi data hexa 1 byte ke dalam bentuk BCD

```
CSEG
Org      $
;Subroutine Konversi Hexa 1 byte ke Desimal
;Bilangan yang dikonversi di Akumulator
;Jumlah digit yang dihasilkan disimpan di R6
;Hasil tersimpan di Tabel Desimal
Konversi1BDesimal:
    Mov    R6,#00H
    Jz     TidakKonversi           ;Bila 0 tidak perlu konversi

LoopKonversi:
    Mov    B,#10                 ;Bilangan yang dikonversi lebih besar
    Push   ACC                  ;dari 10?
    Subb   A,B
    Pop    ACC                  ;
    Inc    R6                  ;Jumlah digit + 1
    Jc     KonversiSelesai     ;Bila lebih kecil dari 10, konversi
selesai
    Div    AB                  ;Bilangan yg dikonversi dibagi 10
    Mov    @R0,B                ;Sisa disimpan di Tabel Desimal
    Inc    R0                  ;
    Ajmp   LoopKonversi

KonversiSelesai:
    Mov    @R0,A

TidakKonversi:
    Ret
```

R6 pada potongan program ini menunjukkan jumlah digit dari hasil konversi sedangkan hasil dari proses konversi tersimpan dalam alamat yang ditunjuk oleh R0.

Program lengkap dari thermometer digital ini dapat didownload di www.delta-electronic.com bagian software