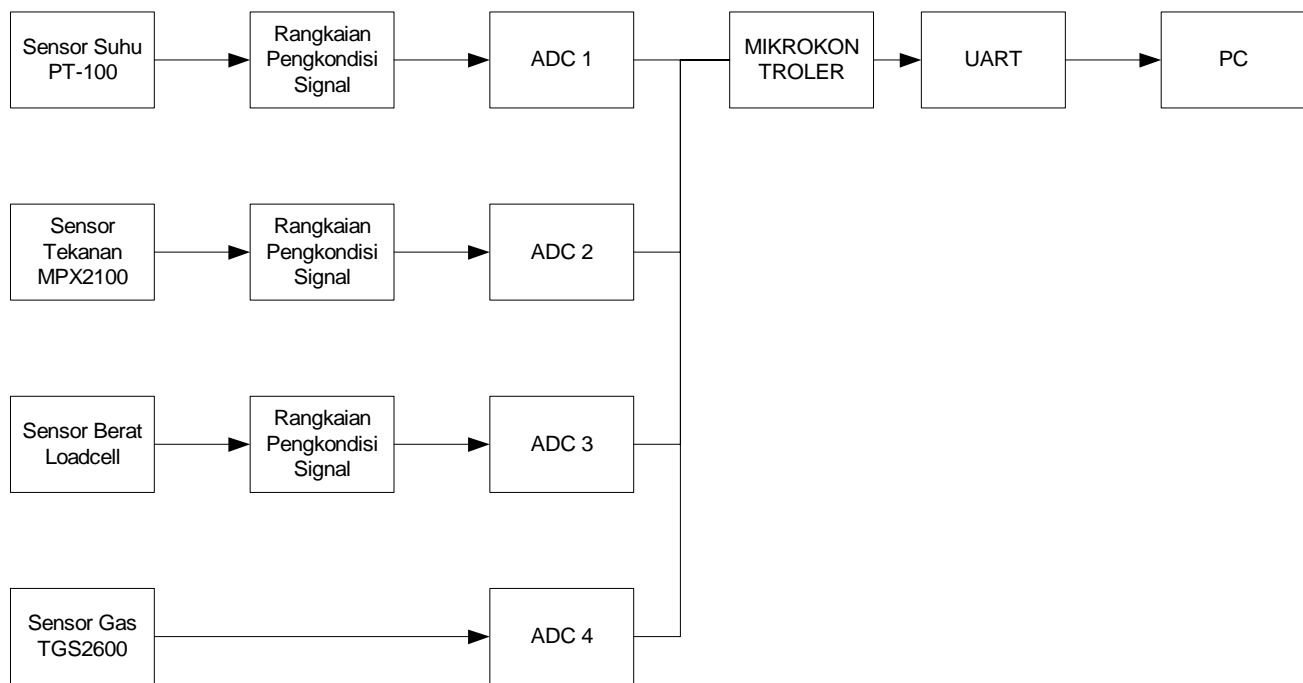


APLIKASI PENGOLAHAN DATA DARI SENSOR-SENSOR DENGAN KELUARAN SINYAL LEMAH

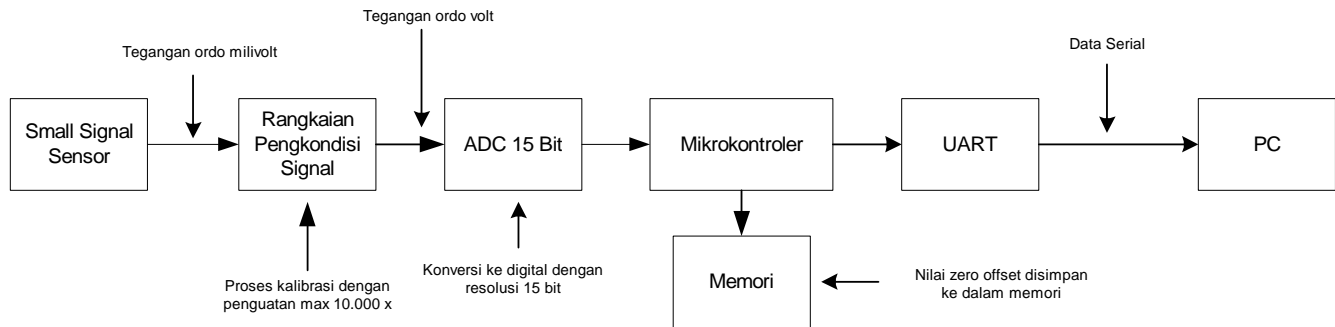
Sensor adalah merupakan salah satu komponen penting sebagai pengindera dari sistem. Bagian ini akan mengubah hal-hal yang dideteksi menjadi besaran-besaran listrik sehingga dapat diproses oleh sistem elektronika seperti mikrokontroler, PLC ataupun PC melalui ADC (Analog to Digital Converter) yang mengubah sinyal elektronik menjadi data digital. Namun seringkali besaran listrik yang dihasilkan sensor sangat kecil sehingga ADC tidak dapat memprosesnya secara langsung. Untuk itu dibutuhkan rangkaian pengkondisi signal yang menguatkan signal tersebut menjadi tegangan analog yang cukup besar.

Pada artikel ini akan dibahas, bagaimana mengambil data-data dari beberapa sensor dengan keluaran sinyal lemah dan mengirim ke port serial (UART). Agar dapat dihubungkan pada laptop atau PC yang saat ini kebanyakan tidak lagi memiliki port UART maka dapat ditambahkan Modul DU-232 USB to 232 Converter. Sensor-sensor yang akan digunakan pada artikel ini adalah, sensor suhu PT-100 yang memiliki keluaran berupa perubahan resistansi yang dikonversi menjadi tegangan dalam ordo mili volt, sensor berat loadcell, sensor tekanan MPX2100 dan sensor gas TGS2600. Khusus untuk sensor gas TGS2600 yang memiliki keluaran tegangan cukup besar, maka bagian rangkaian pengkondisi signal berupa instrument amplifier tidak diperlukan lagi.



Gambar 1 Blok Diagram Sistem

Proses ini dapat dilakukan dengan menggunakan Modul DQI-06 Plus, yaitu sebuah Modul Data Acquisition dengan 4 kanal input yang mampu meng-akuisisi signal lemah dalam ordo minimal 200uV dan penguatan maksimum 10.000 x menjadi bentuk data UART. Modul ini dilengkapi ADC dengan ketelitian 16 bit yang mengkonversi besaran analog yang diperoleh dari sensor ke bentuk digital. Untuk Modul DQI-06 biasa (tanpa Plus), keluaran dari sensor akan dihubungkan langsung ke ADC tanpa melalui rangkaian pengkondisi lagi. Modul ini dikhususkan untuk sensor-sensor yang memiliki keluaran tegangan yang cukup besar (dalam ordo volt) seperti TGS2600.



Gambar 2 Proses pada DQI-06 Plus

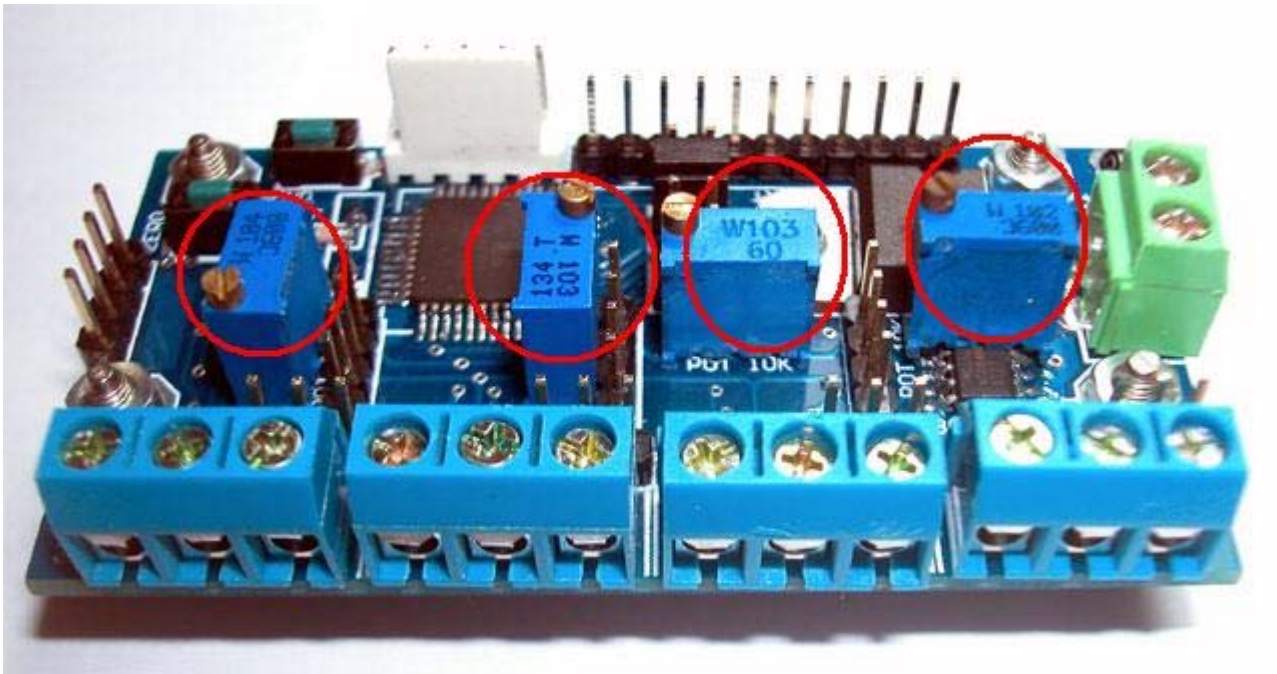
Pada aplikasi ini, data-data dari keempat jenis sensor tersebut akan direcord dalam PC dalam sebuah tabel. Seperti tampak pada gambar 2, proses diawali dengan penguatan sinyal lemah oleh rangkaian pengkondisi sinyal menjadi tegangan analog yang cukup besar. Beberapa sensor memiliki karakteristik sinyal yang berbeda sehingga dibutuhkan penguatan sinyal yang berbeda pula. Untuk itu pada bagian rangkaian pengkondisi ini perlu dilakukan proses kalibrasi dengan mengatur penguatan dari Op Ampnya. Setelah tegangan tersebut cukup besar untuk diproses oleh ADC, tegangan akan diambil dan dikonversi menjadi bentuk digital dan diterima oleh mikrokontroler yang menjadi otak dari modul ini. Mikrokontroler juga dapat menentukan di mana titik nol atau zero offset dari sensor yaitu titik di mana tegangan keluaran sensor adalah merupakan batas nilai minimum sensor tersebut. Sebagai contoh di mana sebuah loadcell yang telah diberi beban berupa penampang untuk meletakkan barang, tentunya loadcell akan mengeluarkan tegangan tertentu di mana hasil konversinya sudah bukan nol lagi walaupun nilai yang harus ditampilkan harus nol. Maka dengan proses zero offset ini, nilai tersebut akan dianggap nol dengan menekan tombol zero offset dari modul. Nilai pada ADC akan disimpan ke dalam memori dan selanjutnya semua proses akan selalu dikurangi dengan nilai tersebut.

Pada paket Modul DQI-06 sudah dilengkapi dengan program aplikasi yang mengambil data dari DQI-06 dan direcord ke dalam tabel yang tersimpan dalam bentuk file. Bila pada Modul DQI-06 proses zero offset dilakukan secara global, yaitu untuk semua sensor sekaligus, maka melalui program aplikasi ini, proses penentuan titik nilai minimum dapat dilakukan secara independent untuk tiap sensor.

Bagian Rangkaian Pengkondisi Sinyal

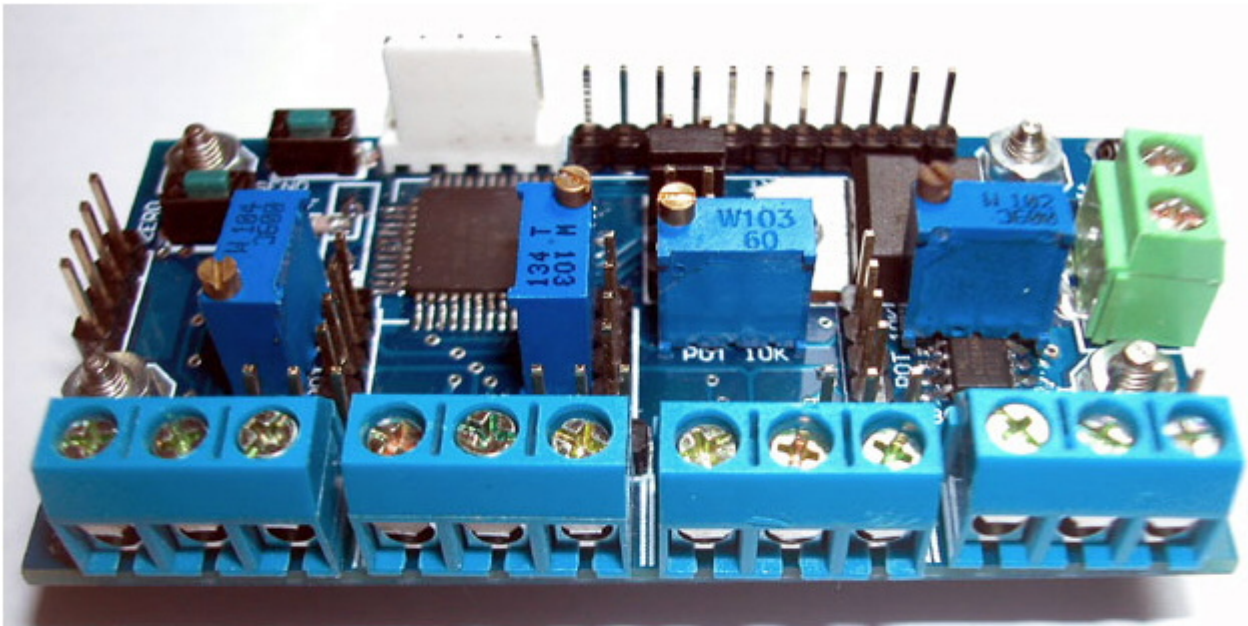
Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bagian ini berfungsi sebagai pengkondisi dari sinyal-sinyal lemah dari sensor menjadi sinyal tegangan analog yang lebih kuat. Proses pengkondisian dilakukan dengan menguatkan sinyal tersebut hingga maksimum 10.000 kali dari sinyal aslinya. Hal ini diproses oleh komponen Instrument Amplifier yaitu Op Amp khusus dengan penguatan yang sangat besar.

Untuk mengatur ketelitian sensor dilakukan dengan mengatur penguatan Op Amp ini yaitu dengan mengatur agar nilai maksimum sensor memiliki nilai tegangan yang sama dengan nilai Full Scale ADC. Pada Modul DQI-06, nilai full scale ADC adalah sebesar nilai VCC yaitu sekitar 4.5 hingga 5 Volt.



Gambar 3 Potensio pengatur penguatan (bagian yang dilingkari)

Sebagai contoh pada sensor suhu PT-100 di mana sensor ini memiliki range suhu antara -200 hingga 800C, namun pada aplikasinya akan digunakan hanya pada range maksimum 500 C, maka letakkan sensor pada kondisi suhu 500 C dan putar potensio pengatur penguatan hingga keluaran dari Op Amp mencapai nilai Full Scale yaitu 4.5 Volt. Bagian ini dapat dilihat dari terminal seperti pada gambar 4. Terminal ini pada Modul DQI-06 biasa adalah merupakan bagian terminal input analog.



Bagian Output Rangkaian
Pengkondisi (Pada DQI-06
Plus) atau Input ADC
(Pada DQI-06 biasa)

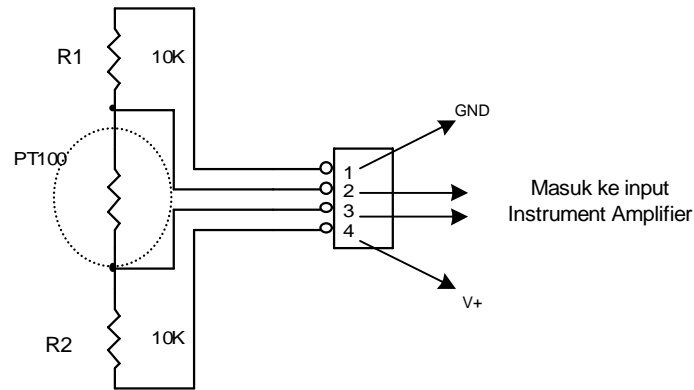
Gambar 4 Bagian Output Rangkaian Pengkondisi

Modul DQI-06 Plus memiliki 4 buah potensio untuk mengatur proses ini sehingga kalibrasi tiap-tiap sensor dapat dilakukan secara independent.

Dari sensor-sensor yang akan digunakan pada aplikasi ini, berdasarkan bentuk keluarannya terbagi menjadi dua macam yaitu keluaran tegangan dan keluaran resistansi. Sensor suhu PT-100 dan sensor Gas TGS2600 memiliki keluaran dalam bentuk perubahan resistansi dan sensor tekanan MPX2100 dan load cell memiliki keluaran dalam bentuk perubahan tegangan.

Sensor suhu PT-100

Keluaran dari sensor ini adalah merupakan perubahan resistansi sehingga dibutuhkan bias tegangan yang diperoleh dari resistor R1 dan R2 seperti pada gambar 5



Gambar 5. Rangkaian PT-100

Bias tegangan yang dibentuk dari R1, resistansi sensor dan R2 akan menghasilkan perubahan tegangan dalam ordo milivolt sehingga dapat dikuatkan oleh instrument amplifier. Tegangan yang dihasilkan oleh rangkaian PT-100 ini tergantung dari nilai resistansi dari PT-100, semakin panas suhu yang dideteksi oleh PT-100 akan semakin besar nilai resistansinya dan semakin besar pula tegangan keluarannya. Sebagai contoh apabila pada suhu 100 C PT-100 berada pada resistansi 150 ohm maka akan diperoleh tegangan sebagai berikut.

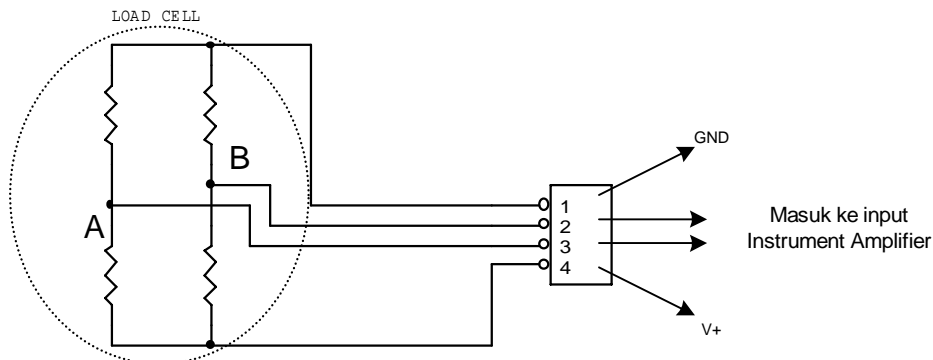
$$\begin{aligned}
 V_{\text{sensor}} &= \frac{R_{PT100}}{R1+R2+R_{PT100}} \times V+ \\
 &= \frac{150}{150+10.000+10.000} \times 10 \text{ Volt} \\
 &= 0.0744\text{V atau } 74.4 \text{ mV}
 \end{aligned}$$

Apabila diinginkan kinerja sensor hanya mencapai 100 C, dan diperoleh ketelitian yang akurat seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, maka hasil keluaran yang diperoleh dari input 74.4 mV ini harus sama dengan tegangan full scale ADC yaitu 4.5 V. Untuk itu dibutuhkan penguatan sebesar:

$$\text{Penguatan} = \frac{4.5}{0.0744} = 60,5 \text{ kali}$$

Sensor Berat / Loadcell

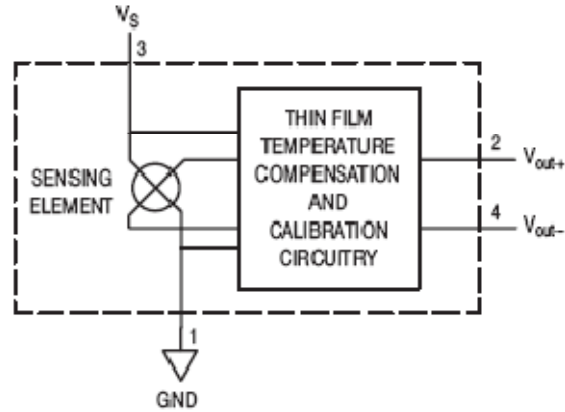
Sensor ini sebetulnya mengubah besaran berat ke dalam bentuk perubahan resistansi, namun loadcell biasanya sudah terdiri dari rangkaian bridge seperti pada gambar 6.



Gambar 6. Rangkaian Dalam Loadcell

Perubahan nilai resistansi pada RA dan RB akan mengakibatkan perubahan tegangan dalam ordo mili volt pada titik A dan B. Oleh karena itu sensor ini tidak lagi memerlukan resistor bias seperti pada sensor suhu dan dapat diumpankan langsung ke instrument amplifier.

Sensor Tekanan MPX2100

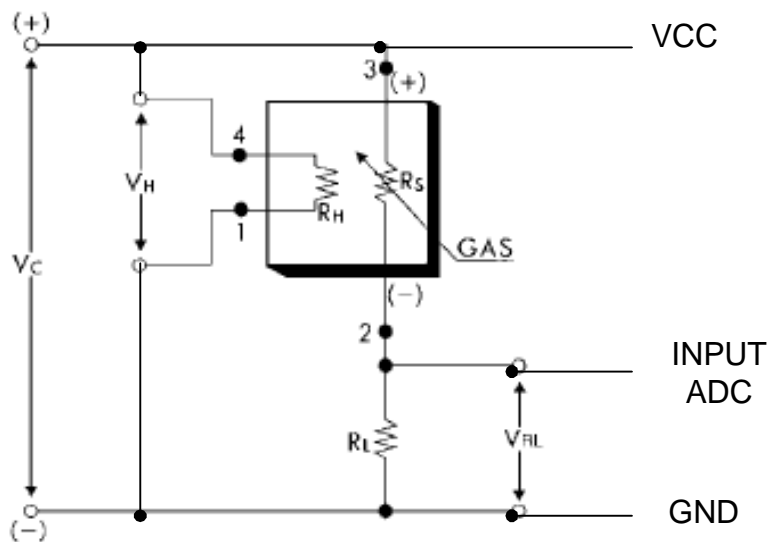


Gambar 7 Bagian dalam MPX2100

Sensor ini mengubah tekanan menjadi bentuk tegangan dengan maksimum 40 mV dan dikeluarkan melalui Vout+ dan Vout- sehingga tidak dibutuhkan resistor bias lagi untuk dihubungkan ke rangkaian pengkondisi dari Modul DQI-06 Plus.

Sensor Gas TGS2600

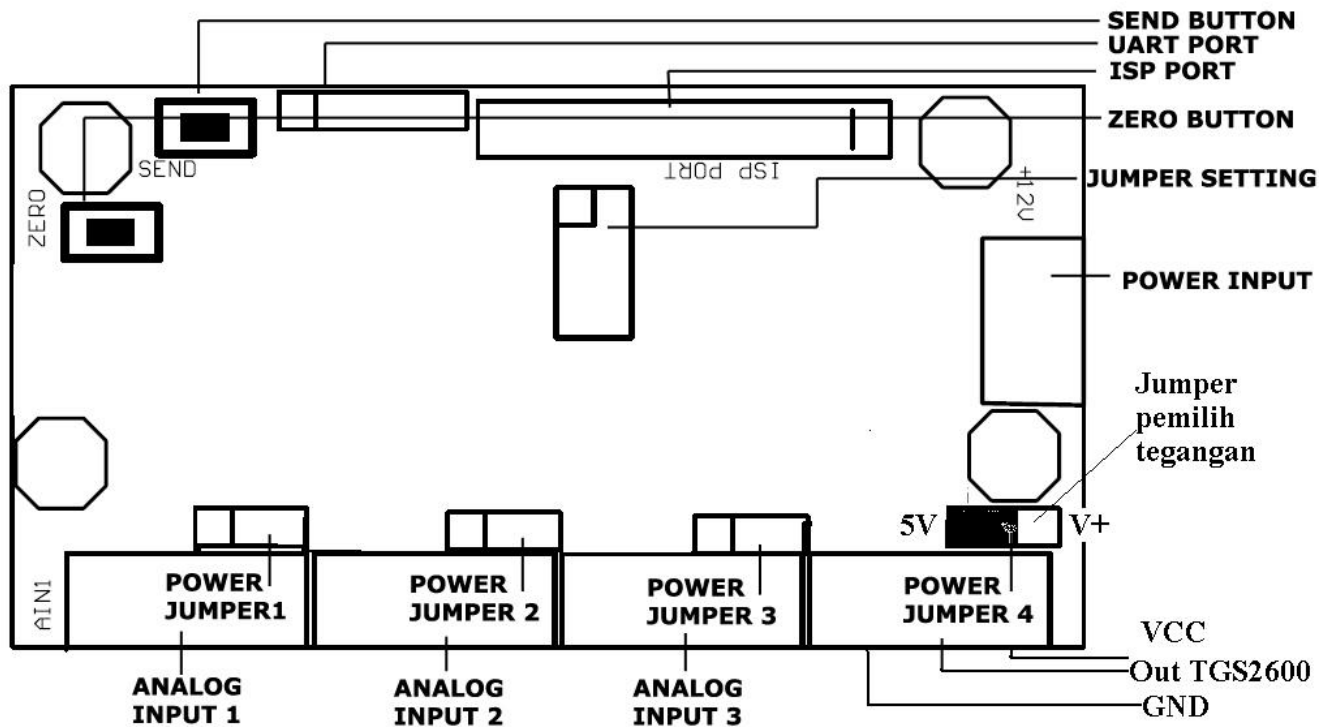
Walaupun sensor gas juga mengeluarkan perubahan resistansi namun nilai perubahan tersebut cukup besar sehingga tidak lagi diperlukan rangkaian pengkondisi. Hanya dibutuhkan rangkaian seperti pada gambar 8.



Gambar 8 Rangkaian TGS2600

TGS2600 membutuhkan tegangan V_H atau tegangan heater yang berfungsi untuk memanaskan elemen sensor sebesar 5 Volt, oleh karena itu sisi positif dari V_H dapat dihubungkan langsung ke VCC dan sisi negatif ke GND. Dengan menambahkan resistor R_L pada rangkaian tersebut maka perubahan resistansi

pada Rs (tahanan internal TGS2600) akan menjadi perubahan tegangan yang cukup besar sehingga dapat diumpangkan langsung ke bagian salah satu dari bagian input ADC (lihat gambar 4). Sedangkan tegangan sensor yang dibutuhkan adalah sebesar 5 Volt, oleh karena itu jumper pemilih tegangan harus diatur pada nilai 5 Volt seperti pada gambar 9.



Gambar 9 TGS2600 yang dihubungkan pada kanal 4 DQI-06

Bagian ADC

Pada bagian ini, tegangan hasil keluaran dari rangkaian pengkondisi sinyal akan diubah menjadi data digital dengan resolusi 16 bit yaitu 15 bit positif dan 15 bit negatif. Karena keluaran dari rangkaian pengkondisi sinyal hanya positif maka proses konversi yang dilakukan hanya sisi positif saja dengan resolusi 15 bit (range 0000 – 7FFFh).

Dengan Full Scale ADC sebesar 4.5V maka akan diperoleh ketelitian pengukuran sebesar:

$$\frac{4.5}{7FFFh} \text{ atau } \frac{4.5}{32768} = 0.000137V \text{ atau } 13.7 \text{ uV / bit.}$$

Apabila proses ini dilakukan untuk mengkonversi tegangan dari sensor suhu dengan range 0 – 500 C maka akan diperoleh ketelitian suhu sebesar:

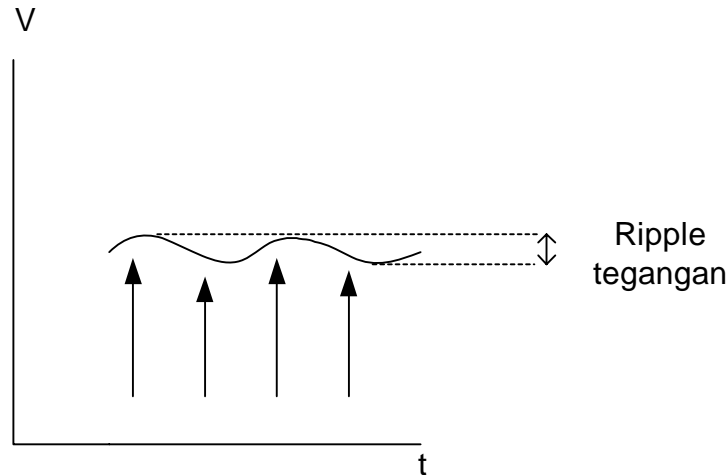
$$\frac{500}{7FFFh} \text{ atau } \frac{500}{32768} = 0.0152 \text{ C}$$

Namun hal ini juga tergantung dari karakteristik yang menjadi ketentuan sensor sebagaimana tercantum pada datasheetnya.

Seringkali keluaran tegangan dari sensor tidaklah stabil dan terdapat sedikit ripple-ripple tegangan yang biasanya ditimbulkan oleh:

- Kondisi suhu sekitar yang tidak stabil (pada sensor suhu)
- Getaran mekanis pada sensor berat atau sensor tekanan
- Noise dari sumber tegangan atau power supply.

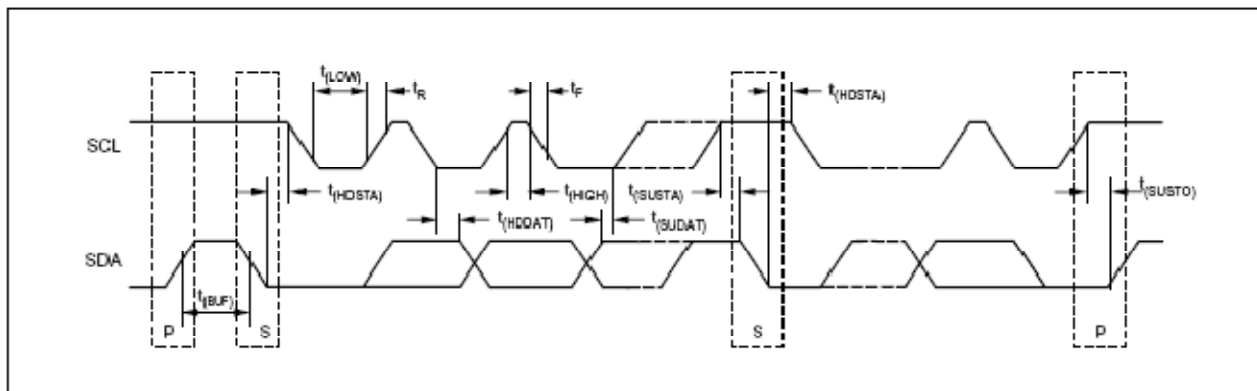
Oleh karena itu untuk diperoleh konversi data yang valid proses ini dilakukan dengan pengambilan data beberapa kali dan menghitung nilai rata-ratanya.



Gambar 10 Pengambilan sampling tegangan sebanyak 4 kali

Perhitungan jumlah sampling tegangan dapat diatur melalui bagian UART, yaitu dengan memberikan protokol-protokol data tertentu. (Lebih detail akan dijelaskan di bagian protokol). Nilai perhitungan jumlah sampling ini selanjutnya akan tersimpan pada memori DQI-06.

Proses pengambilan data dari 4 kanal ADC ini dilakukan secara I2C yaitu hanya melalui 2 jalur, SDA (Data) dan SCL (Clock) di mana setiap ADC memiliki pengalamatan yang berbeda.



Gambar 10 Timing Diagram

Mode Kerja DQI-06

Dalam proses komunikasinya antara mikrokontroler dengan UART PC, Modul DQI-06 memiliki beberapa mode kerja yang dipisahkan sebagai berikut.

Berdasarkan proses komunikasi datanya dipisahkan menjadi

1. Mode Pengiriman Terkontrol

Pada mode ini, DQI-06 hanya mengirimkan data berdasarkan permintaan dari UART. Pada

beberapa aplikasi yang membutuhkan lebih dari 4 sensor, modul ini dapat diparalel hingga 256 unit dengan alamat yang berbeda-beda. Proses pemberian alamat dilakukan melalui data yang dikirimkan dalam format Protokol Delta Sub System (lebih detail dijelaskan di bagian protokol di user manual modul) dan disimpan ke dalam memori DQI-06. Agar tidak terjadi tabrakan data antar DQI-06 maka mode ini lebih cocok untuk digunakan karena proses pengiriman data ditentukan oleh Bagian Master (Bagian ini dapat berupa PC atau mikrokontroler lain). Proses pengambilan data pada mode ini dilakukan per kanal dan per modul DQI-06.

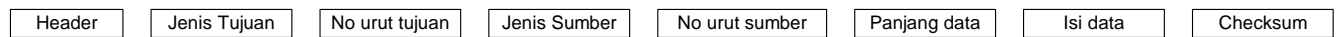
2. Mode Pengiriman Free Running

Mode ini digunakan apabila hanya digunakan satu buah Modul DQI-06 dan memperingan beban Master dengan tidak mengharuskan Master untuk mengirimkan perintah untuk meminta data melainkan hanya menunggu kiriman data dari DQI-06. Data akan dikirimkan sekaligus empat kanal untuk setiap durasi waktu tertentu. Pengaturan waktu dapat dilakukan melalui protokol Delta Sub System (lebih detail dijelaskan di bagian protokol di user manual modul).

Sedangkan berdasarkan protokolnya dipisahkan menjadi:

1. Mode Protokol Delta Sub System

Mode ini digunakan apabila digunakan lebih dari satu Modul DQI-06 atau dibutuhkan pengaturan yang lebih kompleks pada modul seperti pengaturan jumlah sampling, delay dan pengalamanan.



Gambar 11 Paket Data Delta Subsystem

2. Mode Protokol AT Command

Mode ini digunakan apabila hanya dibutuhkan satu Modul DQI-06 dan digunakan oleh pengguna tingkat pemula di mana perintah-perintah yang digunakan menggunakan bahasa yang lebih manusiawi.

Setiap protokol AT Command akan selalu diakhiri dengan <ENTER> yaitu penekanan tombol Enter (pada hyperterminal) atau pengiriman data 0Dh dilanjut 0Ah pada port serial.

AT+CADC?<ENTER> = Master /PC menanyakan data input ADC DQI-06 akan membalas dengan OK<ENTER>+CADC:1,<ADC1 ADC2 ADC3 ADC4> di mana nilai ADCx adalah 16 bit data ADC tiap-tiap kanal dengan 0000 = -5V, 8000h = 0V dan FFFF = 5V

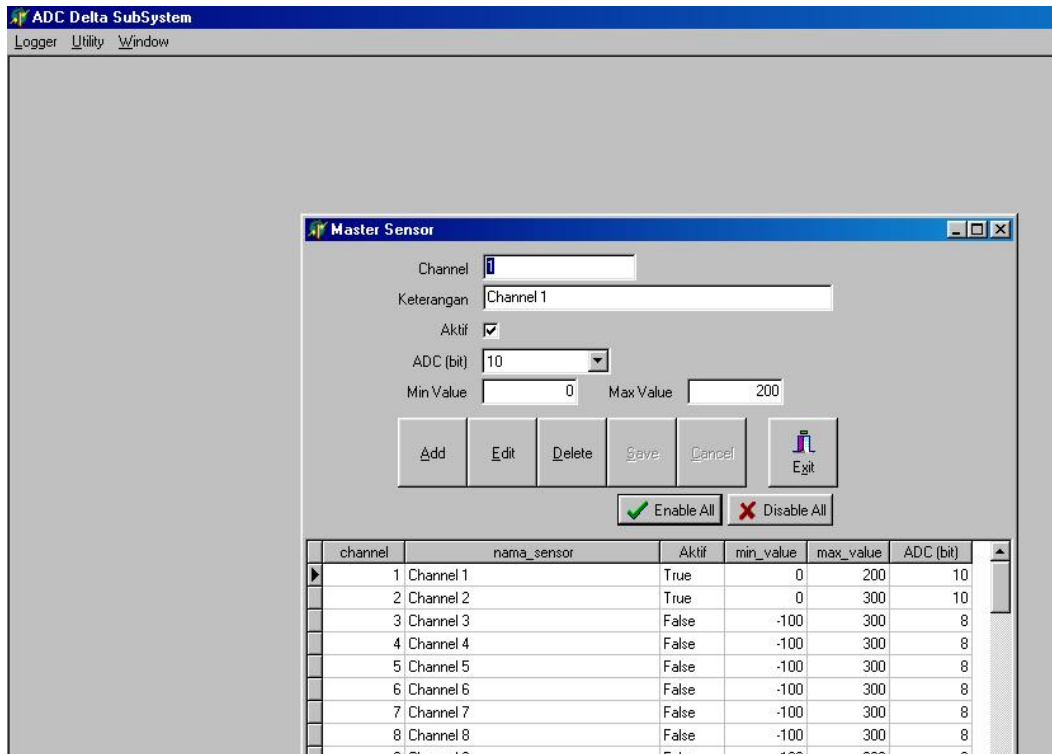
AT+SADC=03,02<ENTER> berarti master / PC mengatur agar jumlah sampel yang diambil untuk menghitung nilai rata-rata adalah sebanyak 3 sampel dan delay untuk freerun adalah 2 detik. DQI-06 akan membalas OK<ENTER> dan nilai setting akan tersimpan dalam memori.

AT+SADC?<ENTER> = Master / PC menanyakan kondisi setting DQI-06. DQI-06 akan membalas dengan OK<ENTER> +SADC:Sample,Delay Freerun. Sample adalah jumlah sampel data yang diambil untuk menghitung nilai rata-rata ADC dan Delay Freerun adalah delay pengiriman data ADC pada mode Freerun. Contoh: Apabila DQI-06 membalas OK<ENTER>+SADC:05,01 maka berarti nilai setting yang ada adalah sampel pengambilan data untuk perhitungan rata-rata adalah sebanyak 5 sampel dan delay freerun adalah 1 detik.

Program Aplikasi

Modul DQI-06 ini kompatibel dengan software ADC Delta Subsystem dengan mengatur modul bekerja pada Mode Terkontrol dengan Protokol Delta Subsystem. Pada software ini terdapat pengaturan nilai

minimum dan nilai maksimum. Pengaturan ini digunakan untuk mengubah nilai hasil konversi ADC ke bentuk nilai sensor yang sesungguhnya.



Gambar 11 Program Aplikasi ADC Delta Sub System

Contoh bila sebelumnya sensor suhu di zero offset pada suhu 10 C maka nilai minimum (min value) diisi 10 juga atau pada sensor tekanan yang di zero offset pada tekanan 8 psi maka nilai minimum (min value) akan diisi 8.

Sedangkan untuk nilai maksimum adalah nilai sensor saat menghasilkan tegangan sesuai full scale (setelah melewati rangkaian pengkondisi). Contoh apabila saat rangkaian pengkondisi sensor suhu mengeluarkan tegangan 4.5 Volt pada saat suhu 150 C maka nilai maksimum (max value) akan diisi 150.

Bagian keterangan akan diisi dengan nama sensor yang akan digunakan. Sedangkan interval dapat diatur pada bagian setting.

Dengan menekan tombol Start log maka proses pengambilan data di tiap-tiap kanal Modul DQI-06 dapat dilakukan secara periodik dan nilai sensor akan tersimpan ke dalam PC dalam bentuk data base yang dapat dieksport ke dalam bentuk Excel.

Paulus Andi Nalwan, Delta Electronic