

ADC (Analog to Digital Conversion)

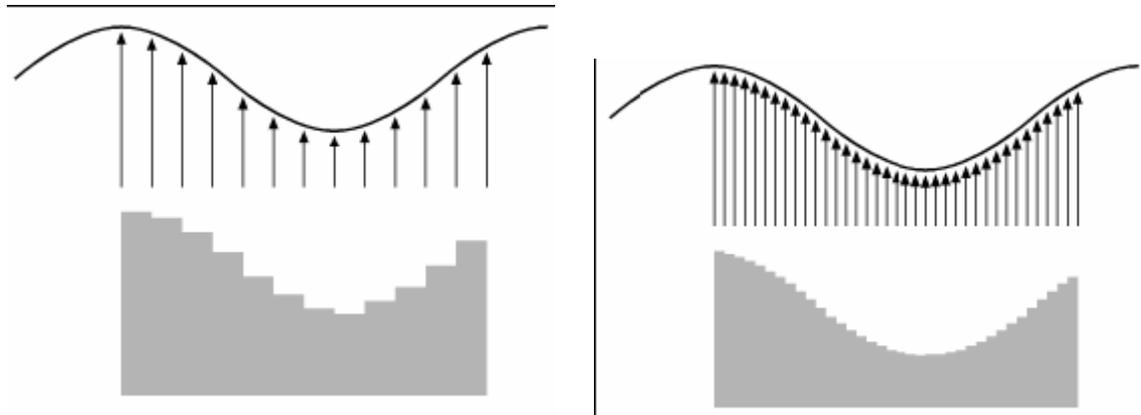
KONVERTER

Alat bantu digital yang paling penting untuk teknologi kontrol proses adalah yang menerjemahkan informasi digital ke bentuk analog dan juga sebaliknya. Sebagian besar pengukuran variabel-variabel dinamik dilakukan oleh piranti ini yang menerjemahkan informasi mengenai variabel ke bentuk sinyal listrik analog. Untuk menghubungkan sinyal ini dengan sebuah komputer atau rangkaian logika digital, sangat perlu untuk terlebih dahulu melakukan konversi analog ke digital (A/D). Hal-hal mengenai konversi ini harus diketahui sehingga ada keunikan, hubungan khusus antara sinyal analog dan digital.

KONVERTER ADC

Analog To Digital Converter (ADC) adalah pengubah input analog menjadi kode – kode digital. ADC banyak digunakan sebagai Pengatur proses industri, komunikasi digital dan rangkaian pengukuran/ pengujian. Umumnya ADC digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan analog dengan sistem komputer seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/ berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan sistem digital (komputer).

ADC (Analog to Digital Converter) memiliki 2 karakter prinsip, yaitu **kecepatan sampling** dan **resolusi**. Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam **sample per second (SPS)**.



Gambar 1. ADC dengan kecepatan sampling rendah dan kecepatan sampling tinggi

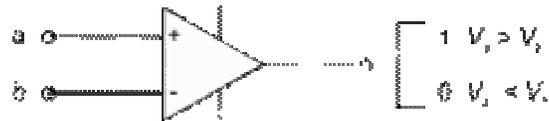
Resolusi ADC menentukan **ketelitian** nilai hasil konversi ADC. Sebagai contoh: ADC 8 bit akan memiliki output 8 bit data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 255 ($2^8 - 1$) nilai diskrit. ADC 12 bit memiliki 12 bit output data digital, ini berarti sinyal input dapat dinyatakan dalam 4096 nilai diskrit. Dari contoh diatas ADC 12 bit akan memberikan ketelitian nilai hasil konversi yang jauh lebih baik daripada ADC 8 bit.

Prinsip kerja ADC adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal input dan tegangan referensi. Sebagai contoh, bila tegangan referensi 5 volt, tegangan input 3 volt, rasio input terhadap referensi adalah 60%. Jadi, jika menggunakan ADC 8 bit dengan skala maksimum 255, akan didapatkan sinyal digital sebesar $60\% \times 255 = 153$ (bentuk decimal) atau 10011001 (bentuk biner).

$$\begin{aligned} \text{signal} &= (\text{sample}/\text{max_value}) * \text{reference_voltage} \\ &= (153/255) * 5 \\ &= 3 \text{ Volts} \end{aligned}$$

KOMPARATOR

Bentuk komunikasi yang paling mendasar antara wujud digital dan analog adalah piranti (biasanya berupa IC) disebut *komparator*. Piranti ini, yang diperlihatkan secara skematik dalam Gambar 2, secara sederhana membandingkan dua tegangan pada kedua terminal inputnya. Bergantung pada tegangan mana yang lebih besar, outputnya akan berupa sinyal digital 1 (high) atau 0 (low). Komparator ini digunakan secara luas untuk sinyal alarm ke komputer atau sistem pemroses digital. Elemen ini juga merupakan satu bagian dengan konverter analog ke digital dan digital ke analog yang akan didiskusikan nanti.

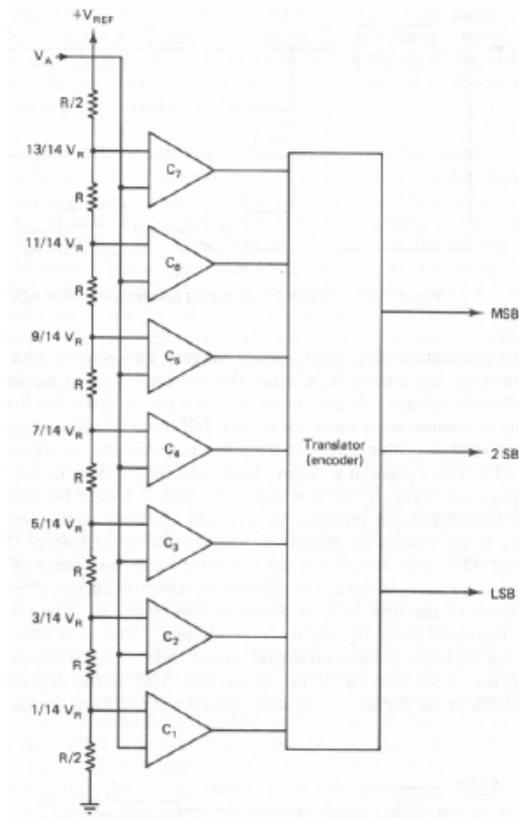


Gambar 2. Sebuah komparator merubah keadaan logika output sesuai fungsi tegangan input analog

Sebuah komparator dapat tersusun dari sebuah opamp yang memberikan output terpotong untuk menghasilkan level yang diinginkan untuk kondisi logika (+5 dan 0 untuk TTL 1 dan 0). Komparator komersial didesain untuk memiliki level logika yang diperlukan pada bagian outputnya.

ADC SIMULTAN

ADC Simultan atau biasa disebut *flash converter* atau *parallel converter*. Input analog V_i yang akan diubah ke bentuk digital diberikan secara simultan pada sisi + pada komparator tersebut, dan input pada sisi – tergantung pada ukuran bit converter. Ketika V_i melebihi tegangan input – dari suatu komparator, maka output komparator adalah high, sebaliknya akan memberikan output low.



Gambar 3. ADC Simultan

Bila V_{ref} diset pada nilai 5 Volt, maka dari gambar 3 dapat didapatkan :

- $V(-)$ untuk C7 = $V_{ref} * (13/14) = 4,64$
- $V(-)$ untuk C6 = $V_{ref} * (11/14) = 3,93$
- $V(-)$ untuk C5 = $V_{ref} * (9/14) = 3,21$
- $V(-)$ untuk C4 = $V_{ref} * (7/14) = 2,5$
- $V(-)$ untuk C3 = $V_{ref} * (5/14) = 1,78$
- $V(-)$ untuk C2 = $V_{ref} * (3/14) = 1,07$
- $V(-)$ untuk C1 = $V_{ref} * (1/14) = 0,36$

Misal :

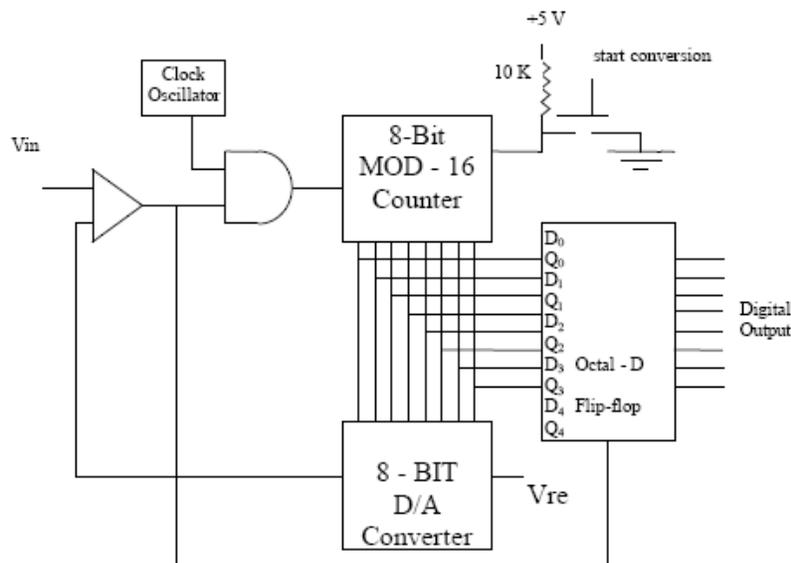
V_{in} diberi sinyal analog 3 Volt, maka output dari C7=0, C6=0, C5=0, C4=1, C3=1, C2=1, C1=1, sehingga didapatkan output ADC yaitu 100 biner

Output Comparator							Output Translator		
C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	2^2	2^1	2^0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
0	0	0	0	0	1	1	0	1	0
0	0	0	0	1	1	1	0	1	1
0	0	0	1	1	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	0	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

COUNTER RAMP ADC

Ada beberapa konsep dasar dari ADC adalah dengan cara Counter Ramp ADC, Successive Aproximation ADC dan lain sebagainya.

Pada gambar 4, ditunjukkan blok diagram Counter Ramp ADC didalamnya terdapat DAC yang diberi masukan dari counter, masukan counter dari sumber Clock dimana sumber Clock dikontrol dengan cara meng AND kan dengan keluaran Comparator. Comparator membandingkan antara tegangan masukan analog dengan tegangan keluaran DAC, apabila tegangan masukan yang akan dikonversi belum sama dengan tegangan keluaran dari DAC maka keluaran comparator = 1 sehingga Clock dapat memberi masukan counter dan hitungan counter naik.



Gambar 4. Blok Diagram Counter Ramp ADC

Misal akan dikonversi tegangan analog 2 volt, dengan mengasumsikan counter reset, sehingga keluaran pada DAC juga 0 volt. Apabila konversi dimulai maka counter akan naik dari 0000 ke 0001 karena mendapatkan pulsa masuk dari Clock oscillator dimana saat itu keluaran Comparator = 1, karena mendapatkan kombinasi biner dari counter 0001 maka tegangan keluaran DAC naik dan dibandingkan lagi dengan tegangan masukan demikian seterusnya nilai counter naik dan keluaran tegangan DAC juga naik hingga suatu saat tegangan masukan dan tegangan keluaran DAC sama yang mengakibatkan keluaran komparator = 0 dan Clock tidak dapat masuk. Nilai counter saat itulah yang merupakan hasil konversi dari analog yang dimasukkan.

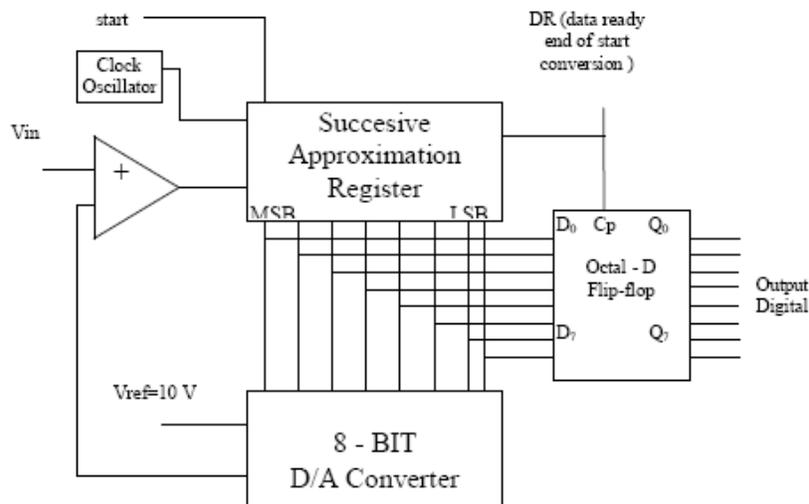
Kelemahan dari counter tersebut adalah lama, karena harus melakukan trace mulai dari 0000 hingga mencapai tegangan yang sama sehingga butuh waktu.

SAR (SUCCESSIVE APPROXIMATION REGISTER) ADC

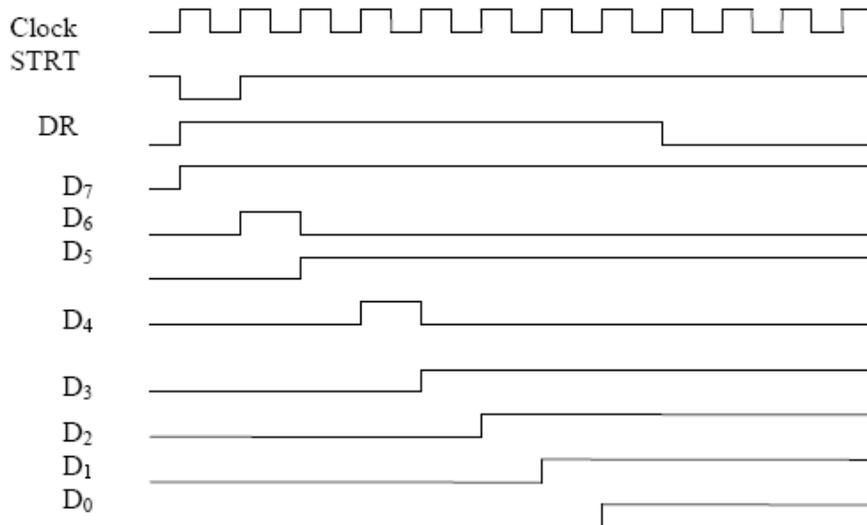
Pada gambar 5 ditunjukkan diagram ADC jenis SAR, Yaitu dengan memakai konfigurasi yang hampir sama dengan counter ramp tetapi dalam melakukan trace dengan cara tracking dengan mengeluarkan kombinasi bit MSB = 1 =====> 1000 0000. Apabila belum sama (kurang dari tegangan analog input maka bit MSB berikutnya = 1 =====> 1100 0000) dan apabila tegangan analog input ternyata lebih kecil dari tegangan yang dihasilkan DAC maka langkah berikutnya menurunkan kombinasi bit =====> 10100000.

Untuk mempermudah pengertian dari metode ini diberikan contoh seperti pada timing diagram gambar 6 Misal diberi tegangan analog input sebesar 6,84 volt dan tegangan referensi ADC 10 volt sehingga apabila keluaran tegangan sbb :

- Jika D7 = 1 Vout=5 volt
- Jika D6 = 1 Vout=2,5 volt
- Jika D5 = 1 Vout=1,25 volt
- Jika D4 = 1 Vout=0,625 volt
- Jika D3 = 1 Vout=0,3125 volt
- Jika D2 = 1 Vout=0,1625 volt
- Jika D1 = 1 Vout=0,078125 volt
- Jika D0 = 1 Vout=0,0390625 volt



Gambar 5. Blok Diagram SAR ADC



Gambar 6. Timing diagram urutan Trace

Setelah diberikan sinyal start maka konversi dimulai dengan memberikan kombinasi 1000 0000 ternyata menghasilkan tegangan 5 volt dimana masih kurang dari tegangan input 6,84 volt, kombinasi berubah menjadi 1100 0000 sehingga $V_{out}=7,5$ volt dan ternyata lebih besar dari 6,84 sehingga kombinasi menjadi 1010 0000 tegangan $V_{out} = 6,25$ volt kombinasi naik lagi 1011 0000 demikian seterusnya hingga mencapai tegangan 6,8359 volt dan membutuhkan hanya 8 clock.

ADC DALAM BENTUK IC

Chip ADC yang banyak digunakan serta tersedia dipasar adalah jenis ADC 0804, ADC 0808 dan 0809 chip ini dibuat dengan teknologi CMOS mempunyai kemampuan melakukan konversi sebanyak 8 buah chanel input analog secara multiplexing. Adapun data keluaran digital yang dihasilkan adalah 8 bit bersifat tristate output. Chip ini menawarkan beberapa keistimewaan antara lain *high speed* (kecepatan tinggi), konsumsi daya yang rendah. Karenanya chip ini banyak digunakan pada proses control peralatan mesin-mesin serta aplikasi automotif.

ADC 0804 merupakan salah satu Analog to Digital Converter yang banyak digunakan untuk menghasilkan data 8 bit. Adapun metode pengukur aras tegangan cuplikan dan mengubahnya ke dalam sandi biner menggunakan metode perubahan dengan tipe pembandingan langsung atau *successive approximation*.

IC ADC 0804 mempunyai dua input analog, $V_{in}(+)$ dan $V_{in}(-)$, sehingga dapat menerima input diferensial. Input analog sebenarnya (V_{in}) sama dengan selisih antara tegangan-tegangan yang dihubungkan dengan ke dua pin input yaitu $V_{in} = V_{in}(+) - V_{in}(-)$. Kalau input analog berupa tegangan tunggal, tegangan ini harus dihubungkan dengan $V_{in}(+)$, sedangkan $V_{in}(-)$ di-groundkan. Untuk operasi normal, ADC 0804 menggunakan $V_{cc} = +5$ Volt sebagai tegangan referensi. Dalam hal ini jangkauan input analog mulai dari 0 Volt sampai 5 Volt (skala penuh), karena IC ini adalah SAC 8-bit, resolusinya akan sama dengan

$$\left| \text{Resolusi} = \left(\frac{\text{tegangan skala penuh}}{2^n - 1} \right) = \frac{5 \text{ Volt}}{255} = 19,6 \text{ mVolt} \right.$$

(n menyatakan jumlah bit output biner IC *analog to digital converter*)

IC ADC 0804 memiliki *generator clock internal* yang harus diaktifkan dengan menghubungkan sebuah resistor eksternal (R) antara pin CLK R/CLK OUT dan CLK IN serta

sebuah kapasitor eksternal (C) antara CLK IN dan *ground* digital. Frekuensi clock yang diperoleh sama dengan :

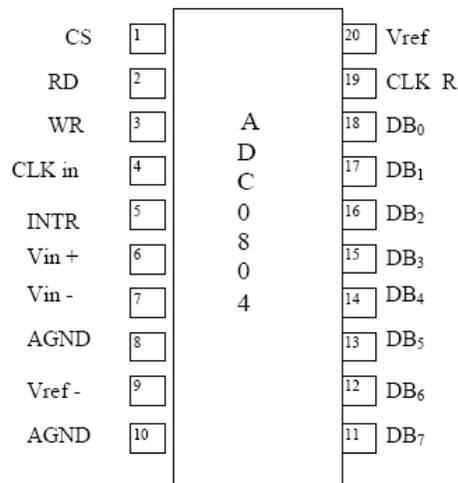
$$f = \frac{0,91}{RC}$$

Untuk sinyal clock ini dapat juga digunakan sinyal eksternal yang dihubungkan ke pin CLK IN. ADC 0804 memiliki 8 output digital sehingga dapat langsung dihubungkan dengan saluran data mikrokomputer. Input *Chip Select* (aktif LOW) digunakan untuk mengaktifkan ADC 0804. Jika berlogika HIGH, ADC 0804 tidak aktif (*disable*) dan semua output berada dalam keadaan impedansi tinggi. Input *Write* atau *Start Conversion* digunakan untuk memulai proses konversi. Untuk itu harus diberi pulsa logika 0. Sedangkan output *interrupt* atau *end of conversion* menyatakan akhir konversi. Pada saat dimulai konversi, akan berubah ke logika 1. Di akhir konversi akan kembali ke logika 0.

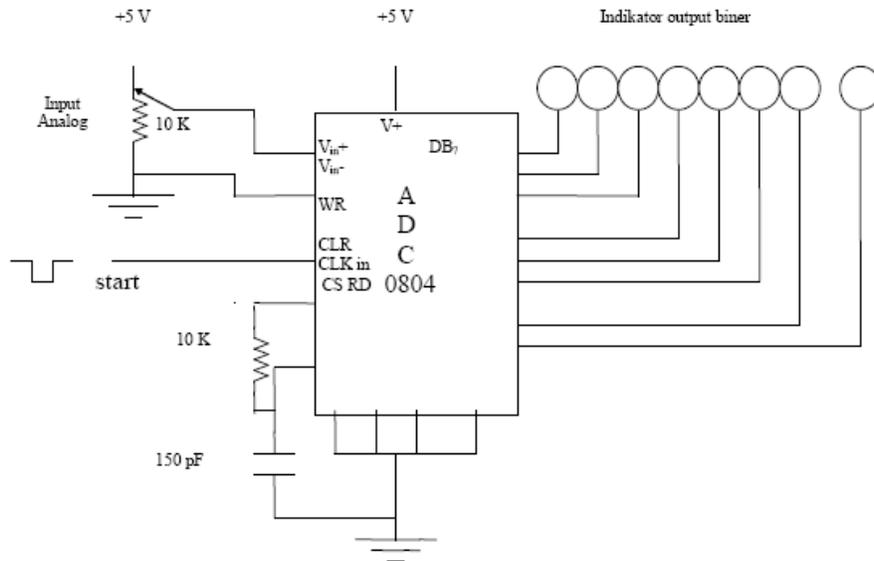
ADC ini relatif cepat dan mempunyai ukuran kecil. Keuntungan tambahan adalah setiap cuplikan diubah dalam selang waktu yang sama tidak tergantung pada arus masukan dan secara keseluruhan ditentukan oleh frekuensi yang mengendalikan detak dan resolusi dari pengubah. Sebagai contoh, pengubah 8 bit digunakan untuk menentukan arus logika setiap bit secara berurutan mulai dari bit signifikan terbesar jika frekuensi detak 10 KHz, waktu pengubahan 8 x periode detak = 8 x 0,1 mdetik. Jika frekuensi detak dinaikkan menjadi 1 MHz, waktu pengubahan akan berkurang menjadi 8 udetik.

Kekurangan pengubahan jenis ini adalah mempunyai kekebalan rendah terhadap derau dan diperlukan adanya pengubah digital ke analog yang tepat dan pembanding dengan unjuk kerja yang tinggi,

Sebuah contoh diagram pin ADC 0804 adalah ditunjukkan pada gambar 7, IC ADC 0804 adalah sebuah CMOS 8bit dan IC ADC ini bekerja dibawah 100 us. Gambar 8 ditunjukkan sebuah pengetes rangkaian yang menggunakan IC ADC 0804 dimana input tegangan analog dimasukkan dengan mengatur potensio 10 Kohm yang dihubungkan dengan ground dan tegangan (+5 volt). Hasil dari ADC adalah 1/255 ($2^8 - 1$) dari skala penuh tegangan 5 Volt. Untuk setiap penambahan 0,02 volt ($1/255 \times 5 \text{ volt} = 0,02 \text{ volt}$). Jika input analog diberi 0,1 volt maka keluaran binernya = 0000 0101 ($0,1 \text{ volt}/0,02 \text{ volt} = 5$ maka binernya = 0000 0101).

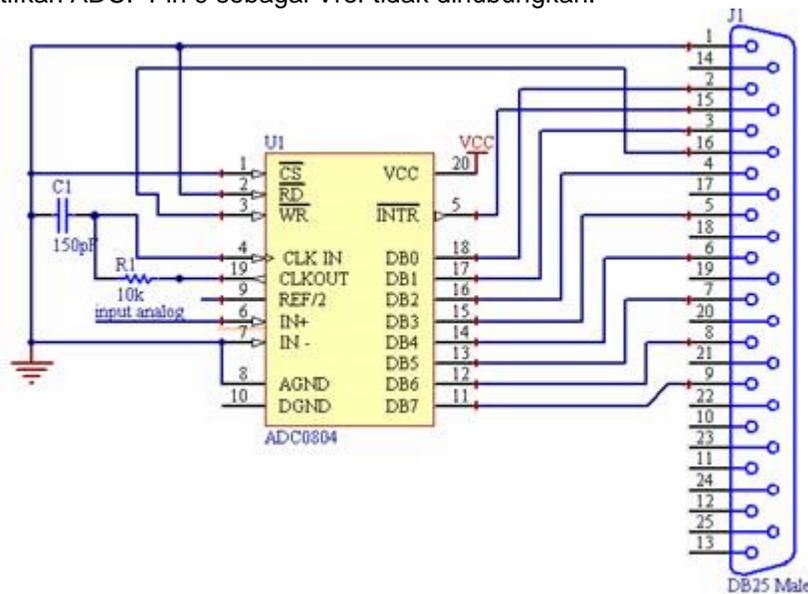


Gambar 7. Pin ADC 0804 8bit



Gambar 8. Rangkaian dengan IC ADC 0804

Rangkaian ADC melalui port paralel ini tampak pada Gambar 9. Hubungan ke data komputer melalui pin data yaitu D0-D7. Sinyal status yang digunakan ialah ERROR yang digunakan dengan pin 5 ADC yaitu INTR'. Dua sinyal control yaitu STROBE' dan INIT' digunakan untuk mengaktifkan ADC. Pin 9 sebagai Vref tidak dihubungkan.



Gambar 9. Rangkaian ADC 0804 terhubung ke port paralel

Program ADC melalui port paralel (Adcparalel.pas)

```

const
    c0=1;c1=2;c2=4;c3=8;s0=1,s1=2;s2=4;s3=8;
    base=$378; (menggunakan LPT1)
var
    data,stat,ctr1,eppdata :integer;
    sample,lc :integer;
begin
    data:=base;
    stat:=base+1;

```

```

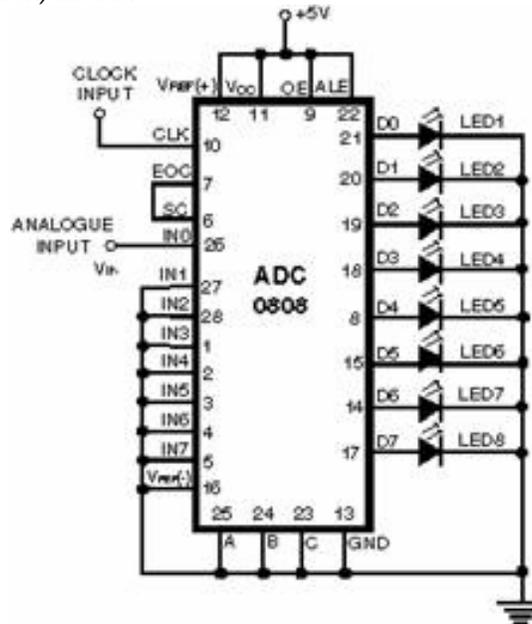
ctr1=base+2;

for sample:=0 to 3000 do
begin
port[ctr1]:=32; (inisialisasi...)
lc:=0;
while (((port[stat] and s3)=0) or lc<256) do
inc (lc);
if lc>256 then write ('time out, error pada hardware')
else begin
port[ctrl]:=37; (enable adc output)
eppdata:=port[data];
port[ctrl]:=36; (disable adc output)
write ('Hasil konversi ialah :',eppdata);
end;
end;
end.

```

Pada program diatas, digunakan alamat standar port paralel atau yang lebih dikenal sebagai port printer yaitu 378H (dalam pascal ditulis sebagai \$378). Program lalu menginisialisasi variabel untuk data, stat dan ctrl dengan nilai alamat masing masing. Program kemudian looping untuk mengambil data lalu ditampilkan hasilnya.

Contoh IC ADC 8 bit yang mampu menerima 8 input dan banyak digunakan ialah ADC 0808 meskipun lebih mahal dibandingkan ADC 0804 . ADC ini selain mampu diprogram untuk mulai konversi melalui pin SC (*Start Conversion*), mampu juga berjalan dalam mode *free running*, artinya ia akan konversi terus menerus menerima sinyal input yang masuk dengan cara menghubungkan pin EOC (*End of Conversion*) ke SC.



Gambar 10. IC ADC 0808