

HEDS General Use
No. /

**PROSIDING
SEMINAR STAFF PENGAJAR FAKULTAS TEKNIK
HEDS - DIKTI - JICA**

3 - 5 Agustus 1993

**Fakultas Teknik
Universitas Sumatera Utara
Jl. Almamater, Padang Bulan, Kampus USU Medan
Sumatera Utara**

**NOVEMBER
1993**

HEDS/JICA
ATS-R
931101

**PROJECT MANAGEMENT UNIT
Higher Education Development Support Project**

KWh METER ELEKTRONIK BERBASIS MIKROPROSESOR MC6802

Ir. Sindak Hutauruk, Kepala Laboratorium Elektronika dan Telekomunikasi
Fakultas Teknik, Kepala Pusat Komputer Universitas HKBP Nommensen Medan

Penelitian ini membahas mengenai kWh meter sebagai suatu alat ukur daya rata-rata listrik, dimana alat ukur tersebut menggunakan mikroprosesor MC6802 dan *Peripheral Interface Adaptor* MC6821 untuk menerima, memproses, menyimpan dan mengeluarkan data ke peraga LED *seven segment* dalam bentuk angka numerik serta menggunakan ROM 2732 sebagai tempat penyimpanan program. Data disimpan pada RAM internal mikroprosesor. Dengan alat tersebut, selain berfungsi sebagai counter untuk perhitungan daya terpakai juga dapat menampilkan jumlah daya terpakai dalam kurun waktu tertentu sesuai dengan keinginan sipemakai.

I. PENDAHULUAN

Pemakaian peralatan elektronik dewasa ini dapat dikatakan telah memasuki hampir di segala bidang kehidupan manusia, baik di bidang peralatan kontrol, pengolahan informasi, kedokteran, penerbangan, industri maupun di bidang lingkungan rumah tangga. Banyak alat yang tadinya bersifat mekanik diganti oleh alat yang bersifat elektronik tanpa merubah fungsi alat tersebut, hal ini dilakukan untuk memperoleh beberapa kelebihan dan kemudahan. Salah satu perubahan tersebut terjadi pada alat-alat ukur seperti volt meter, alat ukur temperatur dan lain-lain. Pada Penelitian ini penulis mencoba membuat alat ukur energi beban atau kWh meter elektronik menggunakan sistem mikroprosesor,

dimana beban yang terpakai dapat langsung dilihat pada peraga *seven segment*.

I.1. Latar Belakang Masalah

Bertitik tolak dari kemampuan dan sifat sistem mikroprosesor yang *programmable* dan luwes untuk berbagai keperluan (relatif), terpikirkan suatu ide untuk membuat kWh meter elektronik menggunakan sistem mikroprosesor.

Pemakai tenaga listrik sebagai sumber energi untuk berbagai kebutuhan, baik itu untuk kebutuhan rumah tangga, perusahaan maupun pabrik, sudah sangat luas digunakan dan dirasakan manfaatnya, tetapi sering sekali terjadi klaim dari pihak konsumen karena ketidak-puasan terhadap besarnya tagihan rekening atas energi terpakai yang telah digunakannya, hal ini terjadi karena beberapa faktor, antara lain :

- kesalahan pembacaan angka pada kWh meter konvensional oleh petugas pencatat.
- Kesalahan pengukuran kWh meter itu sendiri
- Ketidak-tahuan konsumen untuk mengetahui berapa besarnya energi terpakai yang telah digunakan per kurun waktu tertentu.

Penulis mencoba membuat kWh meter elektronik menggunakan sistem mikroprosesor untuk memperoleh beberapa keuntungan, antara lain :

- angka-angka yang menunjukkan besarnya energi terpakai diperagakan dalam bentuk digit, sehingga dapat dibaca dengan mudah.
- pemakai dapat dengan mudah mengetahui berapa besar energi terpakai dalam kurun waktu yang dikehendakinya sehingga lebih menghemat pemakaian energi listriknya.
- walaupun alat tersebut berupa kWh

elektronik yang sumber tegangan catu dayanya berasal dari jala-jala listrik, akan tetapi tidak mempengaruhi perhitungan lanjut jika listrik mati sebab alat tersebut menggunakan memori pada sistem mikroprosesor, yang catu dayanya secara otomatis diperoleh dari baterai (NiCad) jika listrik mati.

I.2. Ruang Lingkup Penelitian

Batasan - batasan :

- maksimum penghitungan sebesar 9999 Wh
- perhitungan nilai rupiah sebagai jumlah rekening atas energi terpakai tidak dilakukan
- jumlah energi yang dapat diukur tergantung dari batas maksimum kemampuan resistor arus detektor.

II. PERANGKAT KERAS KWh METER ELEKTRONIK

Secara garis besar, perangkat keras kWh meter elektronik yang dibuat terdiri dari :

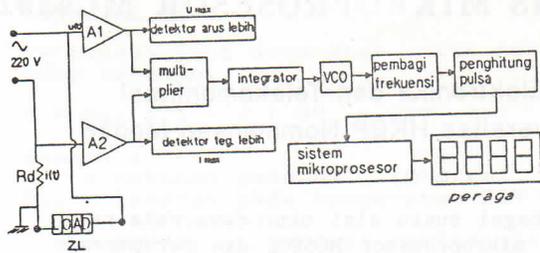
1. Rangkaian-rangkaian yang menghasilkan daya rata-rata beban dalam besaran analog.
2. Rangkaian *interface* yang merubah besaran analog ke dalam besaran yang dapat diterima oleh sistem mikroprosesor
3. Rangkaian sistem mikroprosesor yang menerima, mengolah, menyimpan data masukan sehingga diperoleh besaran energi beban terpakai dalam kurun waktu tertentu. Hasil olahan ini ditampilkan pada *display* LED *seven segment*.

Rangkaian-rangkaian yang menghasilkan daya rata-rata beban dalam besaran analog yang terdiri dari : rangkaian detektor tegangan, arus, pengali, integrator

Rangkaian *interface* yang merubah besaran analog ke dalam besaran yang dapat diterima sistem mikroprosesor yang terdiri dari : VCO (*Voltage Control Oscillator*), pembagi frekuensi, penghitung pulsa. Rangkaian sistem mikroprosesor terdiri dari : enkoder, PIA (*Peripheral Interface Adaptor*), mikroprosesor dan rangkaian penunjangnya, dekoder.

II.1 PRINSIP KERJA ALAT

Blok diagram perangkat keras dari sistem kWh meter elektronik ini seperti yang terlihat pada gambar 1. Z1 adalah beban yang akan diukur daya rata-ratanya, dapat bersifat induktif, resistif maupun kapasitif.



Gambar 1 Blok diagram KWh meter elektronik

Tegangan efektif (*rms*) dari jala listrik yang diterima oleh beban adalah sebesar 220 Vac, maka daya sesaatnya dapat dinyatakan dalam :

$$p(t) = V(t) i(t)$$

dan dengan mengintegrasikan daya sesaat diperoleh daya rata-rata beban, yaitu :

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T P(t) dt$$

Tegangan jala listrik dibagi oleh pembagi tegangan (*voltage divider*) dengan maksud agar tegangan jala dirubah menjadi tegangan yang dapat diterima oleh masukan op amp A1. Besarnya arus beban dideteksi dengan menggunakan resistor detektor (*Rd*) dengan resistansi kecil sekali yang dipasang seri dengan beban. Besarnya arus beban akan sama dengan besarnya arus yang melalui resistor detektor ini.

Perubahan tegangan pada resistor detektor adalah sebanding dengan perubahan arus beban, tegangan inilah yang diberikan kepada masukan

op amp A2. Keluaran dari A1 kemudian dikalikan dengan keluaran A2 pada rangkaian pengali (*four quadrant multiplier*) untuk mendapatkan arus yang sebanding dengan daya sesaat pada beban. Keluaran dari rangkaian pengali diintegrasikan oleh rangkaian *integrator* sehingga diperoleh tegangan yang merepresentasikan daya rata-rata beban yang sedang diukur.

Tegangan keluaran dari integrator merupakan masukan bagi VCO untuk merubah besaran arus (hasil konversi tegangan ke dalam arus) ke dalam besaran frekuensi. Perubahan arus yang masuk ke dalam VCO mengakibatkan terjadinya perubahan frekuensi keluaran VCO.

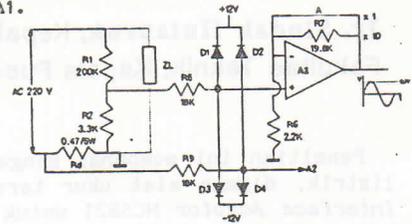
Frekuensi keluaran VCO diberikan ke pembagi frekuensi (*binary ripple counter*) untuk dibagi dengan suatu konstanta sehingga didapatkan besaran waktu dalam jam melalui kalibrasi alat. Frekuensi keluaran dari pembagi frekuensi ini diberikan ke penghitung pulsa yang merupakan masukan bagi sistem mikroprocessor. Sistem mikroprocessor akan mengolah data agar diperoleh besarnya energi terpakai pada kurun waktu tertentu serta menyimpan data akhir pengukuran.

Keluaran dari sistem mikroprocessor ini diperagakan pada empat buah peraga LED *seven segment* sebagai penunjuk besarnya energi yang terpakai.

II.2 Detektor Tegangan

Detektor tegangan dimaksudkan untuk memperoleh besaran tegangan beban yang dibutuhkan oleh rangkaian pengali.

Tegangan beban 220 V dibagi oleh pembagi tegangan *R1* dan *R2*, (Gbr.2) sehingga dapat diterima oleh rangkaian pengali melalui penguat A1.



Gbr.2. Rangkaian Pembagi Tegangan

Besarnya tegangan (*V_D*) yang dihasilkan oleh rangkaian pembagi tegangan (*voltage divider*) adalah :

$$V_D = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{in} \dots\dots\dots 1$$

$$= \frac{3,3}{200 + 3,3} 220$$

$$= 3,6 \text{ V}$$

Dioda *D1*, *D2*, *D3* dan *D4* digunakan sebagai proteksi tegangan masukan A1 dan A2 agar tidak melebihi tegangan catu dayanya (12 V). Penguatan A1 adalah sebesar 10 kali (*Av1 = 10*) jika hubungan A dilepas.

$$A_{v1} = \frac{R_7 + R_6}{R_6} = \frac{R_7}{R_6} + 1$$

$$= \frac{19,8}{2,2} + 1 = 9 + 1 = 10$$

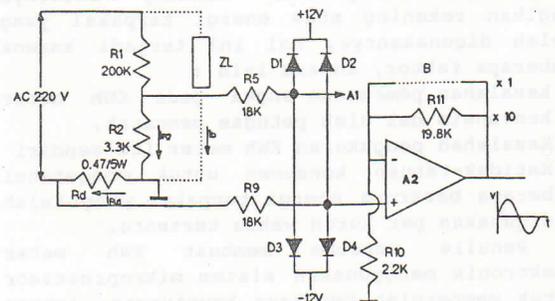
$$V_{out} = A_{v1} V_{in}$$

$$V_{out} = 10 V_{in}$$

Jika tegangan pada beban rendah sekali maka hubungan A dilepas sehingga penguatan A1 sebesar 10 kali, dengan cara ini sensitifitas pengukuran dapat ditingkatkan.

II.3 Detektor Arus Beban

Detektor arus beban mengkonversikan arus beban ke tegangan, sehingga diperoleh besaran tegangan yang dibutuhkan rangkaian pengali. Pendeteksian arus beban dilakukan dengan menggunakan resistor detektor *Rd* (0,47 Ohm, 5 watt) dengan toleransi sebesar 10 % . Arus beban sama dengan arus yang melalui resistor *Rd* dikurangi arus yang melalui *R2*. Rangkaian detektor arus beban diperlihatkan pada gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian deteksi arus beban

Dari gambar 3., besarnya arus pada resistor detektor sama dengan besarnya arus beban ditambah arus yang mengalir pada resistor *R2* (*I_{R2}*). Besarnya *I_{R2}* adalah :

$$I_{Rd} = I_b + I_{R2}$$

$$V_D = 3,6 \text{ V}$$

$$I_{R2} = \frac{V_D}{R_2} = \frac{3,6}{3300} = 1,09 \text{ mA}$$

Jika tanpa beban Z_L , $V_{Rd} = I_{R2} \times R_d$

$$= 1,09 \times 10^{-3} \times 0,47$$

$$= 5,1 \times 10^{-4}$$

$$= 0,51 \text{ mV}$$

Tegangan V_{Rd} inilah yang merupakan tegangan referensi bagi masukan differensial rangkaian pengali. Rangkaian pengali akan mengalikan kedua besaran masukannya apabila tegangan masukan differensialnya melebihi tegangan V_{Rd} (tanpa beban).

Tegangan V_{Rd} di atas 0.51 mV merupakan tegangan yang ditimbulkan oleh adanya arus beban pada R_d . Besarnya tegangan tersebut tergantung dari besarnya daya beban. Besarnya arus maksimum yang dapat diterima oleh R_d adalah :

$$I_{Rdmax}^2 = \frac{P_d}{R_d}$$

$$= \frac{5}{0,47} = 10,6$$

$$I_{Rdmax} = 3,25 \text{ A}$$

$$V_{Rdmax} = I_{Rdmax} \times R_d$$

$$= 3,25 \times 0,47$$

$$= 1,52 \text{ mV}$$

maka arus beban maksimum yang masih dapat diterima oleh R_d adalah :

$$I_{bmax} = I_{Rdmax} - I_{R2}$$

$$= 3,25 - 1,09 \times 10^{-3}$$

$$= 3.249$$

beban maksimum yang dapat diukur adalah :

$$P_{beban} = I_{bmax} \times V \cos \psi \quad (\text{misal } \cos \psi = 1)$$

$$= 3,249 \times 220$$

$$= 714,7 \text{ Watt}$$

Persentase kesalahan pengukuran akibat adanya resistor detektor adalah :

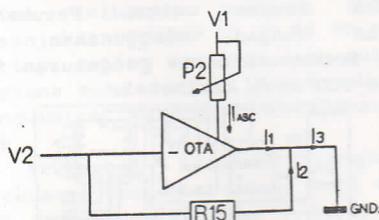
$$\frac{I_{Rd}^2 \times R_d}{P_{beban}} \times 100 \%$$

Dengan adanya resistor detektor, maka besarnya daya beban adalah $P = I_b^2 Z_L + I_{Rd}^2 R_d$, tetapi besarnya $I_{Rd}^2 R_d$ ini dapat dieliminasi pada waktu kalibrasi alat.

Untuk pengukuran beban yang lebih besar dari beban maksimum, maka R_d harus diperkecil agar arus yang terdeteksi lebih besar.

II.4 Rangkaian Pengali (Multiplier)

Keluaran dari kedua buffer A1 dan A2 dikalikan oleh rangkaian pengali. Dalam hal ini digunakan rangkaian pengali empat kwadran, karena dengan rangkaian pengali tersebut dapat menerima masukan yang berupa tegangan AC yang sama ataupun berbeda fasa sesuai kondisi kerja. Maka dipakai IC LM 13600 (OTA) dengan beberapa komponen tambahan seperti pada gambar 4.



Gambar 4. ekuivalen dari sirskit diagram OTA yang dikonfigurasi sebagai four quadrant multiplier

Arus keluaran I_3 (arus keluaran rangkaian pengali yang dikonfigurasi sebagai four quadrant multiplier) adalah hasil perjumlahan dari arus keluaran OTA (I_1) dengan arus yang dihasilkan oleh komponen umpan baliknya (I_2). Arus keluaran OTA adalah :

$$I_1 = \left[\frac{I_{ABC} q}{2 KT} \right] V_2$$

$$I_1 = \left[\frac{I_{ABC} q}{2 KT} \right] V_2, \quad g_m = \left[\frac{I_{ABC} q}{2 KT} \right]$$

$$I_1 = g_m V_2$$

$$K = \text{Konstanta Boltzman} = 1,38 \times 10^{-23}$$

$$T = \text{Temperatur (} ^\circ \text{K)}$$

$$q = \text{muatan elektron} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$g_m = \text{transkonduktansi (A/mV)}$$

$$\frac{KT}{q} = 26 \text{ mV, pada temperatur } 25 \text{ } ^\circ \text{C}^0$$

$$\text{maka } I_1 = \frac{I_{ABC}}{2 \times 26} V_2$$

$$= k I_{ABC} V_2, \quad k = 19,2 \text{ (konstan)}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_{15}}$$

$$I_3 = I_1 + I_2$$

$$= k I_{ABC} V_2 + \frac{V_2}{R_{15}}$$

$$k I_{ABC} = -(S + S_0)$$

$$S_0 = \text{slope saat } V_1 = 0$$

$$S = K_x \times V_1, \quad K_x = k g_m$$

$$= k^2 I_{ABC}$$

$$I_3 = -(S + S_0) \times V_2 + \frac{V_2}{R_{15}}$$

$$= -(K_x \times V_1 + S_0) \times V_2 + \frac{V_2}{R_{15}}$$

$$= -K_x \times V_1 \times V_2 - S_0 \times V_2 + \frac{V_2}{R_{15}}$$

jika P2 diatur sehingga $S_0 = 1/R_{15}$ maka :

$$I_3 = -K_x \times V_1 \times V_2 + \frac{V_2}{R_{15}} + \frac{V_2}{R_{15}}$$

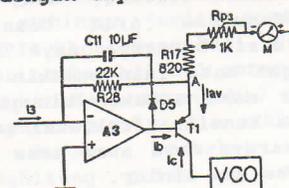
$$I_3 = -K_x \times V_1 \times V_2$$

Pada awal pengoperasian, P2 diatur sehingga tegangan keluaran sama dengan nol pada saat V_1 sama dengan nol. Kemudian V_1 diberi tegangan dan P1 diatur agar perbedaan tegangan pada kedua masukan penguat rangkaian pengali sama dengan nol akibatnya tidak ada arus pada masukan rangkaian penguat, keluaran (I_3) sama dengan nol.

Tegangan V_1 konstan, yang berubah-ubah adalah tegangan V_2 sehingga besarnya keluaran rangkaian pengali tergantung dari V_2 . Keluaran arus I_3 pada rangkaian pengali merepresentasikan daya sesaat beban. Bila salah satu tegangan V_1 atau V_2 nol, maka tidak ada arus keluaran (I_3) sebab hasil perkalian V_1 dan V_2 adalah nol.

II.5 Integrator

Sebelum masuk ke rangkaian VCO, maka arus keluaran rangkaian pengali (i_3) yang merepresentasikan daya sesaat beban diintegrasikan oleh rangkaian integrator untuk mendapatkan besaran arus rata-rata yang sebanding dengan daya rata-rata beban.



Gambar 5 Rangkaian Integrator

Dengan rangkaian integrator tersebut, kita peroleh tegangan keluaran integrator (pada titik A) yaitu :

$$V_{av} = \frac{-1}{C11/R28} \int_0^T i_3(t) dt$$

$$I_{av} = \frac{V_{av}}{R17 + Rp3}$$

$$-I_c = I_b + I_{av}$$

$$-I_c = I_b + \frac{V_{av}}{R17 + Rp3}$$

pada daerah aktif $I_c = \beta I_b$

$$I_b = \frac{I_c}{\beta}$$

$$-I_c = \frac{I_c}{\beta} + \frac{V_{av}}{R17 + Rp3}$$

$$-I_c \left[\frac{\beta + 1}{\beta} \right] = \frac{V_{av}}{R17 + Rp3}$$

$$I_c = \frac{\beta}{(\beta + 1)(R17 + Rp3)} \times V_{av}$$

Tegangan V_{av} merupakan tegangan rata-rata dan arus yang diperoleh merupakan arus rata-ratanya (I_{av}) yang sebanding dengan daya rata-rata beban yang diukur.

Rangkaian integrasi R28/C11 akan mengintegrasikan arus bolak-balik keluaran rangkaian pengali (I3) sehingga diperoleh arus rata-rata yang akan mendrive ampere meter M melalui dioda D5 atau T1. Pada saat arus masukan integrator positif (D5 off, T1 on) kapasitor C11 dimuati arus dan pada saat arus masukan integrator negatif (D5 on, T1 off) kapasitor C11 membuang arus. Pada saat arus masukan integrator nol maka op amp A3 dalam keadaan loop terbuka karena D5 dan T1 sama-sama dalam keadaan off, dalam keadaan ini penguatan op amp besar sekali sehingga

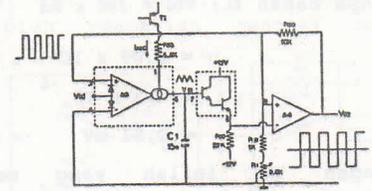
perubahan arus masukan dari nol menuju negatif yang sedikit saja sudah dapat mengaktifkan dioda D5 (tidak terjadi pemotongan sinyal masukan akibat adanya tegangan Vc dioda) dan demikian juga jika perubahan arus dari nol menuju positif yang sedikit saja sudah dapat mengaktifkan transistor T1. Dengan cara demikian maka diperoleh arus rata-rata (I_{av}).

Besarnya arus rata-rata yang diperoleh dapat diatur dengan mengatur tahanan Rp3, hal ini diperlukan pada saat kalibrasi. Arus ini sebanding dengan daya beban yang diukur atau dengan kata lain perubahan arus ini sebanding dengan perubahan daya beban yang diukur. Arus rata-rata yang diperoleh diberikan ke VCO sehingga diperoleh sinyal (persegi) keluaran VCO yang sebanding dengan daya beban

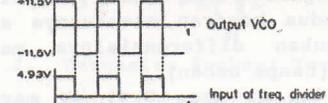
II.6 VCO (Voltage Control Oscillator)

Rangkaian VCO yang digunakan disini pada dasarnya merupakan Current Control Oscillator, tetapi prinsip kerjanya sama dengan VCO (gambar 6).

Rangkaian VCO ini akan mengubah arus masukan menjadi bentuk pulsa persegi. Dalam hal ini besarnya frekuensi keluaran VCO tergantung dari besarnya penguatan arus bias (Amplifier bias current) VCO, sedangkan besarnya penguatan arus bias tersebut tergantung dari besarnya daya beban yang diukur, dengan kata lain semakin besar daya yang terukur maka semakin tinggi frekuensi keluaran VCO. Kenaikan frekuensi keluaran VCO terhadap besarnya daya atau arus beban yang diukur naik secara linier.



Gambar 6. Rangkaian VCO



Gambar 7. Tegangan keluaran VCO

$$+V_T = \frac{R1+R21}{R1+R21+R20} \times (+V_{sat}) = 1,5 V$$

$$-V_T = \frac{R1+R21}{R1+R21+R20} \times (-V_{sat}) = -1,5 V$$

Tegangan pada titik B merupakan tegangan referensi yang berayun pada $+V_T$ dan $-V_T$.

$$V_o = \frac{R20}{R1 + R21} + 1 \times V_{in}, \quad V_{in} = V_T$$

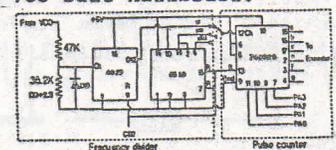
$$= \frac{10}{10 + 1} + 1 \times 1,5 = 11,5 V$$

$$f_0 = \frac{(R1 + R21) gm}{(R1 + R21 + R20) 2\pi C}, \quad gm = 19,2 \text{ IABC}$$

Dari persamaan di atas, frekuensi keluaran VCO tergantung dari IABC dan R1. Resistor R1 dapat diatur untuk mengatur frekuensi keluaran VCO, pengaturan ini diperlukan pada saat mengkalibrasi alat tersebut.

Transistor T1 memberikan arus drive kepada OTA (A6) yang besarnya tergantung dari daya yang terukur. Semakin besar daya beban

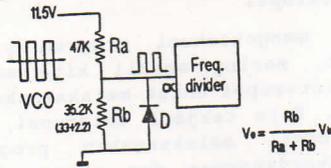
yang diukur maka semakin besar pula arus drive T1. Arus drive ini mengisi kapasitor C1 melalui keluaran A6 yang lama pengisiannya tergantung dari besarnya arus drive T1. Tegangan yang timbul pada C1 diberikan ke pembanding A4, sebelumnya arusnya dikuatkan terlebih dahulu oleh stage buffer. Jika tegangan ini melebihi batas atas threshold (tegangan referensi) dari pembanding A4 maka keluaran pembanding menjadi negatif. Karena keluaran dari rangkaian pembanding juga merupakan masukan differensial bagi A6 maka akibatnya masukan differensial A6 juga menjadi negatif, hal ini menyebabkan C1 discharge dengan kecepatan pengosongan tergantung dari arus drive yang diberikan. Dengan cara ini keluaran VCO berbentuk gelombang persegi yang frekuensinya tergantung dari arus drive pula. Dapat ditarik kesimpulan bahwa arus keluaran rangkaian integrator yang merepresentasikan daya nyata beban dirubah ke dalam bentuk sinyal persegi yang frekuensinya tergantung dari besarnya daya beban. Untuk merubah besaran watt menjadi energi maka besaran watt dikalikan dengan waktu. Perubahan ini dilakukan dengan menggunakan rangkaian pembagi frekuensi serta pengaturan frekuensi keluaran VCO saat kalibrasi.



Gambar 8. Rangkaian pembagi frekuensi dan penghitung pulsa

II.7 Pembagi frekuensi

Pembagi frekuensi ini (gambar 9.) menggunakan ripple binary counter yang akan membagi masukannya dengan 4096 ($= 2^{12}$), sehingga keluarannya (pada Q12) merupakan hasil bagi frekuensi masukannya.



Gambar 9. Pembagi frekuensi

$$V_0 = \frac{R_b}{R_b + R_a} \times V_{in}$$

$$= \frac{35,2}{35,2 + 47} \times 11,5$$

$$= 4,93 \text{ V}$$

Tegangan keluaran dari VCO dibagi oleh pembagi tegangan sebelum masuk ke pembagi frekuensi agar tegangan keluaran VCO dapat diterima oleh masukan Clock pembagi frekuensi. Keluaran VCO (sinyal persegi peak to peak) dipotong bagian negatifnya oleh dioda D sehingga hanya bagian positif saja yang diterima oleh pembagi frekuensi.

$$f_0 = \frac{1}{T} f_{in}$$

T = suatu konstanta ($2^{12} = 4096$)

Frekuensi keluaran VCO dibagi dengan T, hal ini sama artinya waktu keluaran VCO dikalikan dengan T. Kita misalkan pada

pengukuran suatu beban setiap pulsa keluaran VCO mempunyai waktu t detik, maka keluaran rangkaian pembagi frekuensi sama dengan $t \times T$ detik. Jika t kita atur melalui R1 (gambar 6) sehingga pada pengukuran daya beban sebesar P watt, display akan menunjukkan P watt dalam 1 jam, maka angka (count) yang ditunjukkan display adalah dalam besaran watt jam. Bila daya beban yang diukur semakin besar, maka frekuensi keluaran VCO semakin besar (waktu semakin kecil) sehingga penghitung pulsa (counter) akan semakin cepat.

Setiap T pulsa keluaran VCO akan menghasilkan satu pulsa keluaran pembagi frekuensi, setiap pulsanya akan menghasilkan satu angka numerik pada display. Angka digit ketiga dari display menunjukkan besaran watt jam sedangkan digit kedua dan pertama menunjukkan besaran dalam m watt jam. Pada pengukuran beban sebesar P Watt, display akan menunjukkan angka P dalam satu jam atau $P \times 10^2$ pulsa dalam satu jam (P dikali 10^2 karena pada angka digit ketiga dari display menunjukkan besaran watt). Dengan demikian 1 pulsa keluaran pembagi frekuensi akan menunjukkan P/100P Wh ($0,01 \text{ Wh} = 10 \text{ mWh}$). Ini artinya setiap kenaikan satu pulsa pada digit pertama sama dengan 10 mWh, dan ini berarti pengukuran mempunyai kesalahan sebesar 10 mWh.

Frekuensi keluaran rangkaian pembagi frekuensi tersebut dibagi lagi dengan 10 atau 100 dengan menggunakan Synchronous Up Counter untuk mendapatkan skala pengalihan. Pemilihan pembagian frekuensi ini tergantung dari skala yang dibutuhkan.

Bila skala pembagian sebesar 10 kalinya maka setiap satu pulsa keluaran pembagi frekuensi atau keluaran dekade counter sama dengan 100 mWh ($10 \times 10 \text{ mWh}$). Bila skala pembagian sebesar 100 kalinya maka setiap satu pulsa keluaran pembagi frekuensi sama dengan 1000 mWh atau sama dengan 1 Wh.

II.8 Penghitung Pulsa

Penghitung pulsa ini menggunakan empat buah decade counter, latched multiplexer dan dekoder/driver seven segment yang berada dalam sebuah IC (MM74C926). Penghitung pulsa ini akan tetap menghitung pulsa masukannya walaupun terjadi interupsi pada sistem mikroprozessornya. Apabila mikroprocessor telah melaksanakan program interupsinya, maka daya terpakai selama terjadi interupsi akan tetap terukur sebab penghitung pulsa akan terus memberikan keluarannya kepada sistem mikroprocessor.

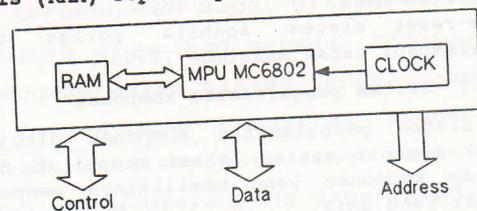
II.9 Sistem mikroprocessor

Sistem mikroprocessor ini terdiri dari 1P MC6802, PIA MC 6821 (Peripheral Interface Adapter), EPROM 2732, rangkaian debounce, rangkaian enkoder 7 ke 4, dekoder 4 ke 7 dan komponen penunjang lainnya yang blok diagram secara keseluruhannya dapat dilihat pada gambar 10.

Mikroprocessor MC6802 memiliki RAM internal sebesar 128 byte dimana sebesar 32 byte pertama bersifat tetap, bila VCC mati isi dari memori tersebut masih tetap tersimpan asalkan VCC standby mendapat tegangan +5V, untuk hal ini digunakan internal baterai dari jenis NiCad sebagai

supply untuk VCC standby. Dengan menggunakan sebuah rangkaian, memungkinkan pengisian baterai saat catu daya on dan memberikan daya kepada mikroprocessor bila catu daya off sehingga dengan demikian isi memori pada 32 byte pertama tetap tersimpan.

Mikroprocessor MC 6802 (8 bit), terdiri atas MPU (Micro Processing Unit), generator pewaktu (Clock generator), dan memori baca tulis (RAM) seperti pada gambar 11.

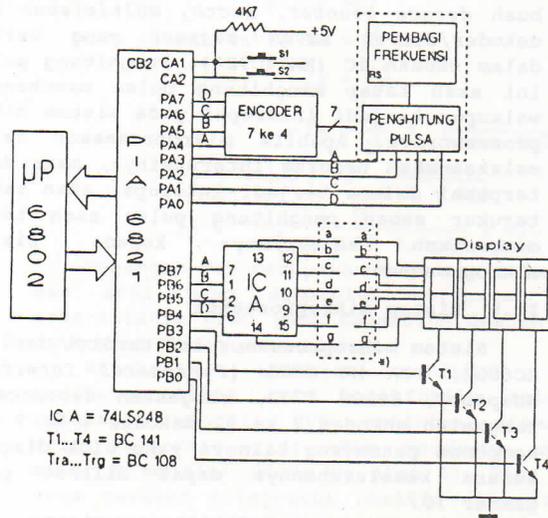


Gambar 11. Unit mikroprosesor MC6802

MPU memiliki 8 bit paralel saluran data ($D_0 \dots D_7$) dengan 16 jalur alamat ($A_0 \dots A_{15}$), sehingga dapat dicapai pengalamatan sebanyak $2^{16} = 65.536 \text{ words}$. Kebutuhan banyaknya port masukan data yang diperlukan untuk mengambil data dari keluaran penghitung pulsa adalah sebanyak 7 buah (a,b,c,d,e,f,g) dan dari keluaran multiplex sebanyak 4 buah (A,B,C,D). Total jumlah port yang dibutuhkan sebanyak 11 buah, sehingga jumlah port A yang tersedia pada PIA tidak mencukupi. Untuk mengatasi hal ini dilakukan hal hal sebagai berikut :

- masukan data sebanyak 7 buah dari keluaran penghitung pulsa dimasukkan ke encoder 7 ke 4. Encoder tersebut merubah keluaran penghitung pulsa ke dalam bentuk BCD
- keluaran multiplexer dihubungkan ke port A dari PIA

Port A dari PIA digunakan sebagai masukan. Port PA4...PA7 sebagai masukan data dari keluaran penghitung pulsa dan PA0...PA3 digunakan sebagai masukan dari multiplexer. Port B dari PIA digunakan sebagai keluaran, PB4...PB7 sebagai keluaran counter daya dan PB0...PB3 sebagai keluaran scanning LED seven segment. Port CA1 dan CA2 sebagai masukan iterupsi IRQ dan CB2 sebagai keluaran dari iterupsi SWI.



Gambar 12. Blok diagram Sistem mP

Sistem pengalamatan komponen dimaksudkan untuk membuat setiap lokasi memori setiap komponen mempunyai alamat yang unik. Pada sistem yang dibuat ini komponen-komponen yang memerlukan pengalamatan adalah EPROM, RAM dan PIA.

III. PERANGKAT LUNAK KWH METER ELEKTRONIK

Perangkat lunak ini dibuat untuk memperoleh beberapa keuntungan, diantaranya :

- mengolah dan menampilkan angka energi terpakai
- mengetahui jumlah energi terpakai pada kurun waktu tertentu
- meneruskan hitungan energi terpakai tanpa kembali ke nol bila listrik menyala kembali setelah mati.
- me-reset sistem apabila peraga telah melampaui batas maksimum (9999).

III.I Sistem pengalamatan komponen

Sistem pengalamatan komponen ditujukan untuk membuat setiap lokasi memori di dalam setiap komponen yang memilikinya mempunyai alamat yang unik.

KOMPONEN	DAERAH PENGALAMATAN	KETERANGAN
RAM	\$0000 - \$007F	RAM INTERNAL MC6802 YANG DIPAKAI \$0000 - \$001F
PIA 6821	\$4000 - \$7FFF	YANG DIPAKAI \$4000 - \$4003
EPROM 2732	\$C000 - \$FFFF	YANG DIPAKAI \$F000 - \$FFFF

Beberapa saluran alamat lainnya dengan orde lebih kecil (*lower order address lines*), dihubungkan dengan pin-pin alamat yang sesuai pada EPROM dan pin-pin pemilih register (*Register Select*) pada PIA untuk memilih suatu lokasi tertentu didalam suatu komponen.

Daerah pengalamatan EPROM dipilih \$F000 - \$FFFF. Pemilihan ini didasarkan pada keterikatan adanya vektor iterupsi yang beralamat di \$FFF8 - \$FFFF.

PIA mempunyai daerah pengalamatan dari \$4000 - \$7FFF. Pin RS0 dan RS1 dihubungkan ke saluran alamat A0 dan A1, sedangkan pin-pin pemilih chip (CS) dihubungkan ke saluran alamat A14, CS2 ke saluran A15 dan CS1 ke pin VMA pada MPU.

III.2 Iterupsi

Dalam mengeksekusi program yang telah kita buat, sering sekali kita membutuhkan beberapa iterupsi untuk melaksanakan program iterupsi. Bila terjadi iterupsi, maka MPU akan berhenti melaksanakan program yang sedang dikerjakannya dan akan melaksanakan program iterupsi yang dapat dilaksanakan oleh MPU 6802, menurut tingkat prioritasnya adalah sebagai berikut :

1. Reset : inisialisasi program, isi memori tidak dikosongkan.
2. NMI : pengosongan seluruh isi memori
3. SWI : penghitungan pulsa dari awal pada saat angka melampaui 9999 Wh.
4. IRQ : menampilkan jumlah energi terpakai pada kurun waktu tertentu.

Jika terjadi iterupsi, MPU akan melaksanakan program iterupsi yang alamat awalnya ditunjukkan oleh isi vektor iterupsi.

ALAMAT MEMORI	ITERUPSI
\$FFF8 - \$FFF9	IRQ
\$FFFA - \$FFFB	SWI
\$FFFC - \$FFFD	NMI
\$FFFE - \$FFFF	RESET

IV. KESIMPULAN

Daya beban maksimum yang dapat diukur pemakaian energinya oleh Kwh meter elektronik ini adalah sebesar 715 Watt tanpa memakai trafo arus (R detektor 0,47 Ohm), dengan demikian hanya dapat digunakan pada peralatan-peralatan yang tidak melebihi daya maksimumnya. Semakin kecil harga resistansi dari R detektor maka semakin besar daya beban maksimum yang dapat diukur pemakaian energinya. Kesalahan pengukuran terjadi akibat adanya resistor detektor dan penyetelan frekuensi keluaran VCO yang kurang tepat sewaktu mengkalibrasi alat tersebut.

Dengan adanya Kwh meter elektronik dengan sistem mikroprosesor ini diharapkan dapat membuka peluang untuk menambah kemampuan atau pengembangan lebih lanjut, diantaranya : menghitung nilai rupiah atas energi terpakai, dapat dihubungkan ke printer dan lain-lain.

V. DAFTAR PUSTAKA

1. WATT METER, Artikel may, 1983.5. B.L. Theraja, ELECTRICAL TECHNOLOGY, Nirja Const. & Development Co. (P) Ltd., New Delhi, 1980.
2. CS Rangan, GR Sarma, VSV Mani : INSTRUMENTATION, DEVICES and SYSTEMS, Tata Mc.Graw-Hill Publishing Company Limited, New Delhi, 1983.
3. Mohamed Rafiquzzaman : MICROPROSESSOR AND MICRO COMPUTER DEVELOPMENT SYSTEM, Designing Microprocessor Based Systems, Harper & Row, Publishers, New York, 1984.
4. MEK6802D5E MICROCOMPUTER, Evaluation Board User's Manual, MOTOROLA Inc., 1980.