

**REKA BENTUK JANGKA KUASA MUDAH ALIH**

**Oleh**

**Lau Kung Hui**

**Disertasi ini dikemukakan kepada  
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

**Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat keperluan  
untuk ijazah dengan kepujian**

**SARJANA MUDA KEJURUTERAAN  
(KEJURUTERAAN MEKATRONIK)**

**Pusat Pengajian Kejuruteraan  
Elektrik & Elektronik  
Universiti Sains Malaysia**

**May 2006**

## **ABSTRACT:**

A power meter basically is a meter that performs its duty as a device that gives a reading of power across an arbitrary load. In other words, it works just like a voltmeter or a multimeter that uses its two terminals as sensors to read the differential voltage across the terminal. Unlike a voltmeter or a multimeter, this device computes and displays the  $V_{\text{rms}}$ ,  $I_{\text{rms}}$  and instantaneous power at the same time. The word 'portable' brings the meaning of the ease to carry or to move around. Thus, this design is not just emphasizes on the ability of high precision for instantaneous power measurement, but also in designing it to become highly portable.

Throughout the years, power meters are developed via different methodologies. These methodologies include electrodynamics, electrostatics, thermal and Hall effects power meter. Basically, these power meters all have a common approach in dealing with the voltage and current value obtained from sensors. This approach is to perform analog multiplication on these two parameters. In the 1970s, Raymond S. Turgel introduced power meter using sampling method, where the voltage and current are sampled separately, digitized and then the power is computed using a computer.

As an overall, this power meter is designed using sampling technique, where the signal is measured and digitized using a microcontroller PIC 16F877. The values for  $V_{\text{rms}}$ ,  $I_{\text{rms}}$  and the instantaneous power are then computed from the microcontroller as well they are displayed on the LCD screen. During testing and verification period, a sine wave with a known frequency is applied to it. This power meter showed a remarkable result with accuracy up to 95%.

## **ABSTRAK:**

Jangka kuasa ialah satu alat yang digunakan untuk mengukur kuasa merentasi suatu beban yang kerintangannya adalah sangat tinggi. Pendek kata, ia beroperasi seperti satu jangka voltan yang mempunyai dua pangkalan untuk mendapatkan bacaan voltan pada suatu beban tetapi dalam projek ini ia memberikan bacaan untuk voltan (V), arus (A) dan kuasa (W). Perkataan mudah alih ini membawa maksud ia boleh dibawa ke mana-mana sahaja dengan mudah mengikut kemahuan pengguna. Oleh demikian, jangka kuasa ini direkabentuk dalam saiz yang sekecil yang mungkin untuk menyenangkan penggunaan pengguna.

Sebenarnya, terdapat beberapa jenis kaedah pengoperasian jangka kuasa yang sudah lama wujud dalam dunia ini. Antaranya termasuk jangka kuasa dengan kaedah elektrodinamik, elektrostatik, terma dan kesan Hall yang berasaskan pendaraban analog voltan analog dengan arus analog. Jangka kuasa digital dengan kaedah persampelan pula mula diperkenalkan oleh Raymond S. Turgel pada tahun 1970an di mana isyarat voltan analog dan isyarat arus analog disampelkan secara berasingan dahulu sebelum didigitkan untuk pengiraan oleh suatu sistem yang berasaskan komputer.

Secara ringkasnya, untuk projek ini, jangka kuasa ini direkabentuk untuk beroperasi berasaskan konsep persampelan, di mana isyarat yang akan diukur disampelkan oleh satu mikropengawal. Kemudian, mikropengawal ini mengira kuasa seketika daripada data tersampel sebelum memaparkan keputusan tersebut pada LCD. Dalam proses pengujian, beberapa Ujikaji telah dijalankan terhadap jangka kuasa digit ini dan didapati keputusan yang diperolehi amat menggalakan dengan peratus ketepatan melebihi 95%.

# SENARAI KANDUNGAN

<b>Kandungan :</b>	<b>Muka Surat</b>
<b>Abstrak</b>	ii.
<b>Jadual Isi Kandungan</b>	iv.
<b>Penghargaan</b>	vi
<b>Bab 1</b> Pengenalan	1
<b>Bab 2</b> 2.1 Teori Dan Konsep Satu Jangka Kuasa Digit dengan Kaedah Persampelan	3
2.2 Konsep Persampelan	5
2.3 Isyarat Elektronik	12
2.4 Analisa Trigonometri Siri Fourier	
2.4.1 Pengenalan	13
2.4.2 Trigonometri Siri Fourier Padat	14
2.4.3 Analisa Aplikasi Trigonometri Dalam Litar Elektrik	15
2.5 Analisa Fourier Bagi Gelombang Segiempat	17
2.6 Proses Pengukuran	19
<b>Bab 3</b> 3.1 Reka Bentuk	
3.1.1 Reka Bentuk Litar Elektrik	
3.1.1.1 Pengenalan	20
3.1.1.2 Litar Elektrik	
3.1.1.2.1 Litar Pemprosesan Isyarat Masukan	21
3.1.1.2.2 Litar Mikropengawal	23
3.1.1.2.3 Litar Pemaparan	25
3.1.2 Reka Bentuk Aturcara Mikopengawal	
3.1.2.1 Pengenalan	28
3.1.2.2 Fungsi-fungsi Khas Aturcara	

<b>Kandungan:</b>	<b>Muka Surat</b>
3.1.2.2.1 ADC	29
3.1.2.2.2 LCDout	32
3.1.2.2.3 SerOut	35
3.1.2.3 Carta Aliran	37
3.1.2.4 Antaramuka Jangka Kuasa Digital	
3.1.2.4.1 Aturcara Mendapatkan Nilai Voltan Seketika	38
3.1.2.4.2 Aturcara Mendapatkan Nilai Arus Seketika	42
3.1.2.4.3 Aturcara Mendapatkan Nilai Kuasa Seketika	45
3.1.2.4.4 Aturcara Pemaparan	49
3.1.2.4.5 Aturcara Pembekuan Paparan	53
3.2 Keputusan	55
Ujikaji I : Isyarat Masukan Sinus Berfrekuensi 1kHz	55
Ujikaji II : Isyarat Masukan Sinus Berfrekuensi 10kHz	63
Ujikaji III : Isyarat masukan Sinus Berfrekuensi 50kHz	68
3.3 Perbincangan	73
<b>Bab 4 Kesimpulan</b>	<b>76</b>
<b>Rujukan</b>	<b>77</b>

**LAMPIRAN I : PIC16F877 Manual Pengguna**

## **PENGHARGAAN**

Pada mulanya, demi kejayaan projek ini, saya ingin mengambil kesempatan ini untuk mengucapkan ribuan terima kasih kepada Tuhan yang memberikan segala yang diperlukan.

Selain itu, saya juga ingin mengambil peluang ini untuk mengucapkan terima kasih kepada pihak Pusat Pengajian Kejuruteraan Elektrik Elektronik mewajibkan projek yang telah mendedahkan saya kepada pengetahuan yang berlainan berbanding dengan apa-apa yang telah saya pelajari sebelum ini.

Saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada penyelia projek saya, iaitu Dr. Mohd. Ansor Yusof atas sokongan dan panduan tidak ternilai yang telah dicurahkan oleh beliau sepanjang perjalanan projek ini. Tanpa bantuan beliau, projek ini pasti akan mengambil masa yang lebih lama. Pada masa yang sama, saya juga berterima kasih kepada Dr. Shahrel Azmin, iaitu pemeriksa untuk projek ini.

Di samping itu, jasa beberapa pembantu makmal turut membantu menjayakan projek juga tidak patut diabaikan. Di antaranya termasuk Encik Amir dan Encik Azhar dari Makmal Mekatronik dan juga Encik Latiff dan seorang lagi pembantu makmal dari Makmal RF.

Akhir sekali, saya ingin berterima kasih kepada ibu bapa dan kawan karib saya yang sentiasa memberi sokongan dan bimbingan sepanjang perjalanan projek ini. Tanpa galakan mereka secara mental, saya pasti akan mengaku kalah.

# BAB 1 PENGENALAN

## Objektif:

Dalam projek ini, jangka kuasa ini direka khas untuk membuat pengukuran kuasa bagi suatu isyarat elektronik berdigit yang mengalir merentasi suatu beban. Pada masa yang sama, jangka kuasa ini juga dapat memberikan nilai  $V_{rms}$  dan  $I_{rms}$  bagi isyarat elektronik itu. Selain itu, jangka kuasa ini perlu direka sedemikian agar ia adalah mudah dibawa oleh pengguna ke mana-mana mengikut kemahuan pengguna.

Laporan ini secara amnya dibahagikan kepada 4 bahagian utama.:-

Fokus utama Bab 1 adalah menceritakan tentang objektif projek ini. Selain itu, Bab ini juga memberikan satu ringkasan bagi setiap Bab yang ada dalam laporan ini.

Bab 2 pula merupakan satu ringkasan tentang teori dan konsep yang diperlukan untuk menjayakan projek ini. Antaranya termasuk konsep operasi dan pembinaan jangka kuasa berdigit dan konsep persampelan yang merupakan asas kepada pembangunan projek ini. Selain itu, terdapat juga satu bahagian yang memperkenalkan isyarat elektronik, siri Fourier sebagai perlambangan suatu isyarat elektronik, dan aplikasi suatu siri Fourier dalam litar elektronik terutamanya dalam pengiraan kuasa.

Bab 3 pula menfokuskan dalam reka bentuk, keputusan dan perbincangan projek ini. Bahagian reka bentuk pula boleh dibahagi kepada reka bentuk bahagian litar elektrik dan reka bentuk bahagian aturcara. Bahagian litar elektrik membincangkan secara terperinci litar elektrik untuk pelaksanaan projek ini. Bahagian aturcara pula menggunakan penyusun Picasic Pro untuk menjayakan projek ini. Setiap bahagian aturcara untuk projek ini diterangkan dengan terperinci. Keputusan untuk 3 ujikaji dengan 3 frekuensi yang

berlainan disertakan dalam bahagian ini. Pada bahagian terakhir Bab ini membincangkan keputusan yang diperoleh dalam Ujikaji yang dijalankan.

Bab 4 membincangkan kesimpulan yang diperoleh daripada setiap Bab dan juga kesimpulan daripada hasil ujikaji projek ini.



## **BAB 2**

## **ANALISA MATEMATIK DAN TEORI**

### **2.1 Teori dan Konsep Satu jangka Kuasa Digit Dengan Kaedah Persampelan**

Jangka kuasa digit ialah satu alat pengukuran kuasa merentasi suatu beban yang beroperasi secara digit. Berdasarkan kajian ini, didapati purata kuasa elektrik dapat diukur dengan suatu jangka kuasa yang beroperasi berasaskan kaedah persampelan nilai voltan dan arus pada setiap selang masa yang ditetapkan. Isyarat-isyarat yang disampelkan kemudiannya terdigit sebelum data-data digit tersebut diproses dengan suatu sistem yang berasaskan digit seperti sebuah komputer atau suatu mikropengawal.

Menurut jurnal tersebut, secara piawainya, komponen elektrik yang paling asas adalah dinyatakan dalam kuantiti DC. Oleh demikian, pengukuran isyarat atau suatu kuantiti AC adalah perlu untuk menukarkan setiap kuantiti itu kepada kuantiti DC. Namun demikian, kaedah penukaran ini mempunyai beberapa kelemahan kerana ia telah mengambil kira beberapa anggapan mengenai pengukuran yang dibuat yang boleh menyebabkan ketidak-jituan pengukuran.

Jangka kuasa yang wujud atau yang pernah dikaji oleh ahli-ahli penyelidik sebelum ini adalah menggunakan kaedah pendaraban analog arus dengan voltan yang didapatkan daripada proses fizikal peranti itu. Kaedah-kaedah yang terlibat dalam pendaraban termasuk kaedah elektrodinamik, kaedah elektrostatik, kaedah termal dan kaedah kesan Hall. Dalam dunia digit, jangka kuasa digit hanya melibatkan pendaraban nombor digit sahaja.

Kaedah digit ini mempunyai beberapa kelebihan berbanding dengan kaedah konvensional. Kelebihan-kelebihan ini termasuk kebolehan untuk membuat penukaran dengan kadar yang sangat cepat dan juga dapat mengukur bentuk gelombang jenis tidak sinus.

Persamaan asas untuk pengiraan nilai purata kuasa ialah

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T e \cdot i dt \quad (2.1.1)$$

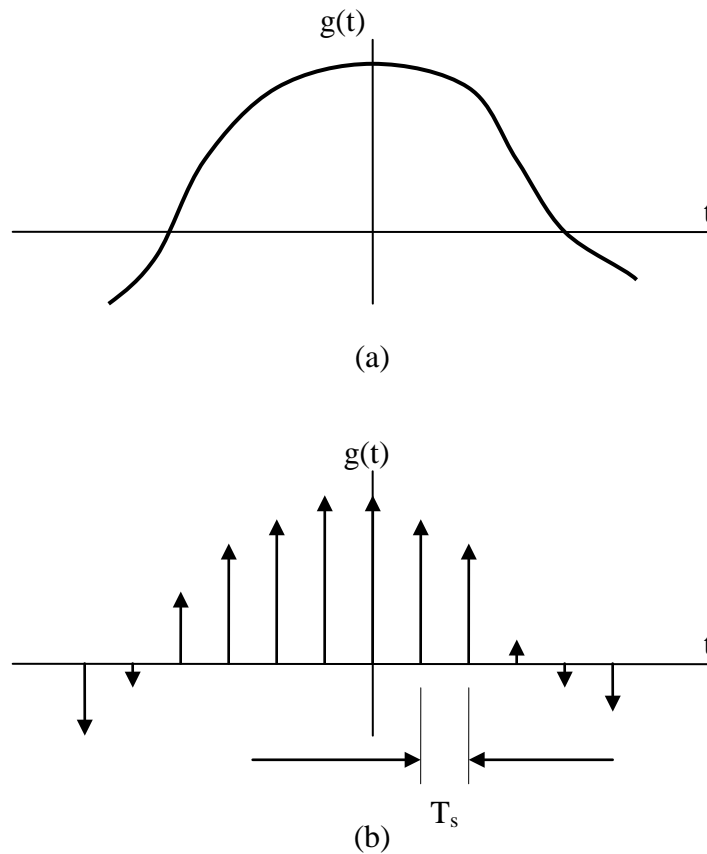
Nilai voltan seketika dan nilai arus seketika adalah diukur serentak. Kemudiannya, nilai kuasa purata adalah dikira berasaskan nilai-nilai ini melalui kaedah digit. Oleh sebab, bilangan bacaan yang didapatkan untuk pengukuran adalah suatu nilai terhingga, maka pengamiran dalam persamaan 2.1.1 boleh digantikan dengan suatu penjumlahan bacaan-bacaan pengukuran yang dilakuakn pada setiap selang masa yang ditetapkan. Persamaan baru ialah

$$P = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{\infty} e_j i_j \quad (2.1.2)$$

## 2.2 Konsep Persampelan

Persampelan ialah satu proses di mana suatu isyarat analog ditukarkan kepada satu jujukan sampel yang sepadan dengan nombor di samping berjarak sekata dalam masa. Untuk memperpraktikkan penggunaan proses persampelan ini, kadar persampelan yang sesuai mesti dipilih agar sampel yang berjujukan nombor yang diperoleh paling unik melambangkan isyarat analog asal.

Pertimbangkan suatu isyarat  $g(t)$  yang mempunyai tenaga terhingga pada sebarang masa  $t$ , adalah seperti yang ditunjukkan pada Rajah 2.1 di bawah.



Rajah 2.1

(a) Isyarat Analog. (b) Isyarat Tersampel Seketika

Andaikan suatu isyarat  $g(t)$ , tersampel pada masa persampelan  $T_s$ . Jadi, hasil persampelan ini ialah suatu jujukan nombor yang tak terhingga dan berjarak  $T_s$  saat antara satu sama lain, ditandakan dengan  $g(nT_s)$  di mana  $n$  ialah nilai integer yang terhingga.

Katakan kala persampelan ialah  $T_s$ , kadar persampelan ialah  $f_s$  dan bentuk pensampelan ini digelar sampel seketika.

Andaikan  $g_\delta(t)$  melambangkan isyarat isyarat yang diperoleh dengan mendarabkan jujukan nombor-nombor  $g(nT_s)$  dengan jujukan sepadan rangkap delta berjarak  $T_s$ , saat antara satu antara satu sama lain dan dengan menjumlahkan sumbangan individu, seperti yang ditunjukkan oleh Rajah 2.1 (b). Dalam konteks ini,  $g_\delta(t)$  dikenali sebagai syarat tersampel unggul.

$$g_\delta(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} g(nT_s)\delta(t - nT_s) \quad (2.2.1)$$

Dengan ini, ungkapan  $g_\delta(t)$  boleh diungkapkan sebagai hasil darab isyarat analog  $g(t)$  dengan satu rangkap sampel unggul atau sisir Dirac,  $\delta_{T_s}(t)$  bagi kala  $T_s$ . Iaitu,

$$\begin{aligned} g_\delta(t) &= g(t)\delta_{T_s} \\ &= g(t) \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_s) \end{aligned} \quad (2.2.2)$$

Daripada persamaan (2.2.2), didapati jelmaan Fourier bagi isyarat tersampel  $g_\delta(t)$  boleh ditentukan dengan jelmaan Fourier bagi  $g(t)$  dengan rangkap sampel unggul,  $\delta_{T_s}$ . Jadi, ungkapan jelmaan Fourier bagi isyarat tersampel,  $G_\delta(f)$  boleh ditulis sebagai

$$G_\delta(f) = G(f) \otimes \frac{1}{T_s} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta\left(f - \frac{n}{T_s}\right) \quad (2.2.3)$$

di mana  $\otimes$  menandakan perlingkaran. Dengan saling menggantikan turutan penjumlahan dengan perlingkaran dalam persamaan (2.2.3), persamaan baru ialah

$$G_\delta(f) = \frac{1}{T_s} \sum_{n=-\infty}^{\infty} G(f) \otimes \delta\left(f - \frac{n}{T_s}\right) \quad (2.2.4)$$

Walau bagaimanapun, perlingkaran bagi rangkap frekuensi  $G(f)$  dengan rangkap delta menghasilkan kembali rangkap itu sendiri; iaitu

$$G(f) \otimes \delta\left(f - \frac{n}{T_s}\right) = G\left(f - \frac{n}{T_s}\right)$$

Oleh demikian, persamaan (2.2.4) boleh ditulis semula dalam bentuk

$$G_\delta(f) = \frac{1}{T_s} \sum_{n=-\infty}^{\infty} G\left(f - \frac{n}{T_s}\right) \quad (2.2.5)$$

Daripada persamaan (2.2.5), didapati  $G_\delta(f)$  mewakili satu spectrum selanjur yang berkala dengan kala yang sama dengan  $\frac{1}{T_s}$ . Dengan lain kata, proses menyampelkan suatu isyarat dengan kala sampel yang seragam dalam domain masa akan menghasilkan satu spektrum yang berkala di dalam domain frekuensi dengan kala yang sama dengan kadar sampel.

Selain menggunakan rangkap sampel unggul, satu ungkapan lain yang berguna bagi jelmaan Fourier  $G_\delta(f)$  boleh diperoleh dengan mengambil jelmaan Fourier bagi kedua-dua belah persamaan (2.2.1) dan dengan menggantikan  $\delta(f - nT_s)$  adalah sama dengan  $\text{eksp}(-j2\pi n f T_s)$ .

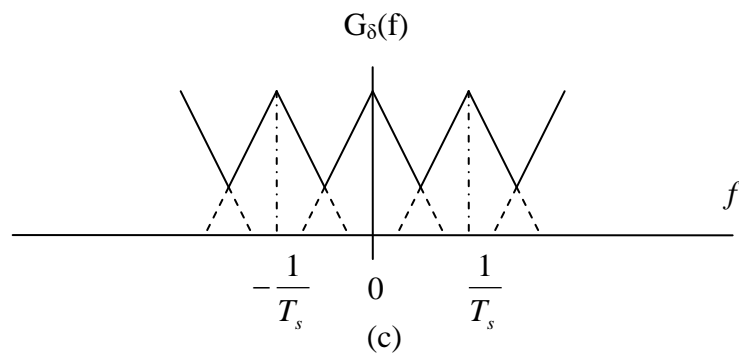
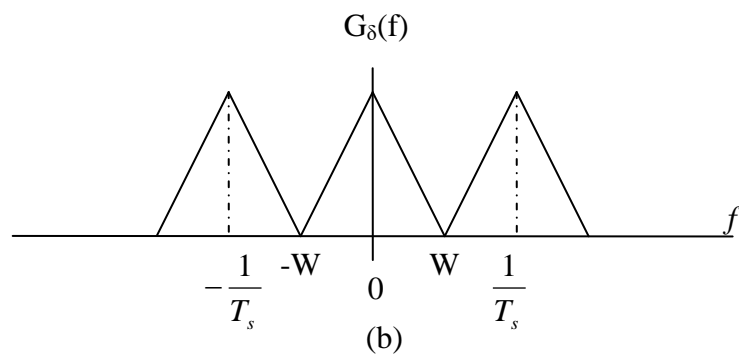
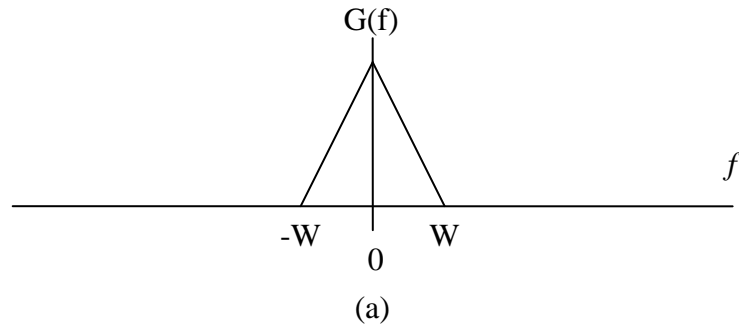
$$G_\delta(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} g(nT_s) \text{eksp}(-j2\pi n f T_s) \quad (2.2.6)$$

Kaitan ini boleh dianggap sebagai perwakilan siri Fourier kompleks bagi rangkap frekuensi berkala  $G_\delta(f)$ , dengan jujukan sampel  $\{g(nT_s)\}$  yang mentakrifkan pekali pengembang tersebut. Iaitu

$$G(nT_s) = T_s \int_0^{\frac{1}{T_s}} G_\delta(f) \text{eksp}(-j2\pi n f T_s) df \quad (2.2.7)$$

Perhatikan bahawa dalam siri Fourier yang ditakrifkan oleh persamaan (2.2.6) dan persamaan (2.2.7), peranan yang lazim bagi masa dan frekuensi telah ditukar ganti.

Hubungan ini boleh digunakan untuk sebarang isyarat masa selanjur  $g(t)$  yang mempunyai tenaga terhingga dan tempoh tak terhingga.



Rajah 2.2 Penggambaran Kesan Perubahan Kadar Sampelan  $\frac{1}{T_s}$  Ke Atas Spektrum

Isyarat Tersampel. (a) Spektrum isyarat  $g(t)$ . (b) Spektrum Isyarat Tersampel  $g_\delta(t)$

untuk  $\frac{1}{T_s} = 2W$ . (c) Spektrum Bagi  $g_\delta(t)$  untuk  $\frac{1}{T_s} < 2W$

Walau bagaimanapun, jika isyarat itu mempunyai jalur yang terhad, dengan tiada komponen frekuensi yang lebih tinggi daripada  $W$  Hertz, maka jelmaan Fourier  $G(f)$  bagi isyarat  $g(t)$  mempunyai sifat bahawa  $G(f) = 0$  untuk  $|f| > W$ , seperti yang digambarkan dalam Rajah 2.2 (a).

Katakan kala sampelan ialah  $T_s = \frac{1}{2W}$ ,

Spectrum sepadan  $G_\delta(f)$  bagi isyarat tersampel  $g\delta(t)$  adalah seperti yang ditunjukkan dalam

Rajah 2.2 (b). dengan meletakkan  $T_s = \frac{1}{2W}$  dalam persamaan (2.2.6) akan memberi

$$G_\delta(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} g\left(\frac{n}{2W}\right) \text{eksp}\left(-\frac{j\pi n f}{W}\right) \quad (2.2.8)$$

Oleh sebab  $G(f) = \frac{1}{2W} G_\delta(f) \quad -W \leq f \leq W$

Maka  $G(f) = \frac{1}{2W} \sum_{n=-\infty}^{\infty} g\left(\frac{n}{2W}\right) \text{eksp}\left(-\frac{j\pi n f}{W}\right) \quad -W \leq f \leq W \quad (2.2.9)$

Oleh itu, jika nilai sampel  $g\left(\frac{n}{2W}\right)$  bagi isyarat  $g(t)$  ditentukan untuk keseluruhan masa, maka jelmaan Fourier  $G(f)$  bagi isyarat tersebut ditentukan secara unik dengan menggunakan siri Fourier daripada persamaan (2.2.9). Oleh sebab  $g(t)$  adalah berkaitian dengan  $G(f)$  melalui jelmaan Fourier songsang, isyarat  $g(t)$  itu sendiri ditentukan secara unik oleh nilai sampel  $g\left(\frac{n}{2W}\right)$  untuk  $-\infty \leq n \leq \infty$ . Dengan perkataan lain, jujukan  $g\left(\frac{n}{2W}\right)$  mengandungi kesemua maklumat bagi  $g(t)$ .

Untuk membina semula isyarat  $g(t)$  daripada jujukan nilai sampel  $g\left(\frac{n}{2W}\right)$ , persamaan (2.2.9) perlu digantikan ke dalam formula jelmaan Fourier songsang yang mentakrifkan  $g(t)$  dalam sebutan  $G(f)$ .

$$\begin{aligned}
g(t) &= \int_{-\infty}^{\infty} G(f) \exp(-j2\pi nft) df \\
&= \int_{-W}^W \frac{1}{2W} \sum_{n=-\infty}^{\infty} g\left(\frac{n}{2W}\right) \exp\left(-\frac{j\pi n f}{W}\right) \exp(-j2\pi nft) df
\end{aligned}$$

Dengan saling menukar turutan penjumlahan dan kamiran:

$$g(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} g\left(\frac{n}{2W}\right) \frac{1}{2W} \int_{-W}^W \exp[j2\pi f\left(t - \frac{n}{2W}\right)] df \quad (2.2.10)$$

Sebutan kamiran dalam persamaan (2.2.10) boleh dinilai, memberikan

$$\begin{aligned}
g(t) &= \sum_{n=-\infty}^{\infty} g\left(\frac{n}{2W}\right) \frac{\sin(2\pi Wt - n\pi)}{(2\pi Wt - n\pi)} \\
&= \sum_{n=-\infty}^{\infty} g\left(\frac{n}{2W}\right) \text{sinc}(2Wt - n) \quad -\infty \leq n \leq \infty. \quad (2.2.11)
\end{aligned}$$

Persamaan (2.2.11) menyediakan satu formula penentu dalaman dalam membina semula isyarat asal  $g(t)$  daripada jujukan nilai sampel  $\{g(\frac{n}{2W})\}$ , dengan rangkap sinc, iaitu  $\text{sinc}(2Wt)$  memainkan peranan suatu rangkap penentu dalaman. Setiap sampel didarab dengan satu versi lengah formula penentu dalaman dan kesemua bentuk gelombang yang terhasil dicampurkan untuk memperoleh  $g(t)$ .

Kini, teorem sampel untuk isyarat jalur terhad yang mempunyai tenaga terhingga dalam dua cara yang sama:

- i. Suatu jalur terhad yang bertenaga terhingga, yang tidak mempunyai komponen frekuensi yang lebih tinggi daripada  $W$  Hertz, boleh digambarkan sepenuhnya dengan menentukan nilai isyarat pada ketika masa berjarak  $\frac{1}{2W}$  saat antara satu sama lain.



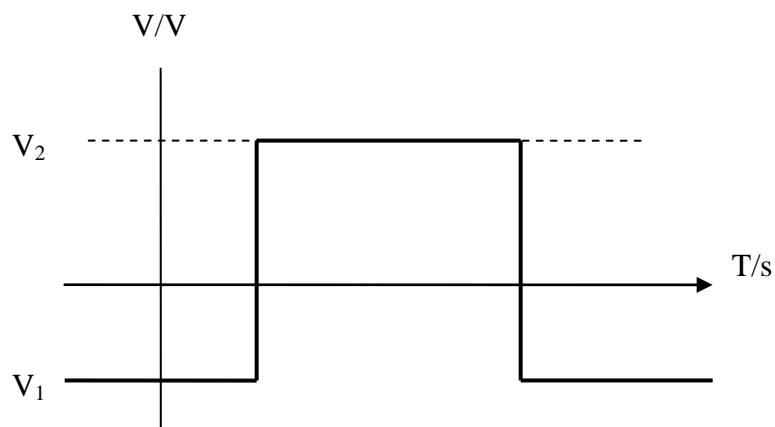
ii. Suatu jalur isyarat terhad yang bertenaga terhingga, yang tidak mempunyai komponen frekuensi lebih tinggi daripada  $W$  Hertz, boleh didapati kembali dengan sepenuhnya daripada pengetahuan tentang sampel-dampelnya yang diambil pada kadar  $2W$  per saat.

Kadar sampel  $2W$  per saat, bagi lebar jalur isyarat  $W$  Hertz, lazimnya digelar kadar Nyquist. Teorem sampel merupakan asas dalam kebolehsaling menukar antara isyarat analog dengan jujukan digit, yang amat berharga dalam sistem perhubungan digit.

Penerbitan teorem sampel adalah berdasarkan kepada anggapan bahawa isyarat  $g(t)$  adalah jalur terhad. Keputusan ini hanya dapat dipenuhi jika  $g(t)$  mempunyai tempoh tak terhingga. Namun demikian, suatu isyarat terhad boleh dipertimbangkan sebagai jalur di mana komponen frekuensi yang terletak di luar jalur yang tertentu mempunyai kesan yang boleh diabaikan.

### 2.3 Isyarat Elektronik:

Secara amnya, isyarat digital pada permukaannya isyarat ini berbentuk isyarat segiempat, iaitu isyarat itu berubah secara berterusan di antara  $V_1$  ke  $V_2$ , dalam kala yang tetap. Tetapi, apabila isyarat digital ini dianalisa dengan lebih mendalam, didapati bahawa isyarat digital ini sebenarnya terdiri daripada suatu isyarat analog yang boleh diwakili dengan suatu siri Fourier. Analisa yang lebih terperinci akan dijelaskan dalam bahagian 2.4.



Rajah 2.3.1 Pergambaran Suatu Isyarat Digital (Isyarat Segiempat)

## 2.4 Analisis Trigonometri Siri Fourier

### 2.4.1 Pengenalan

Pertimbangkan suatu set isyarat:

$$\{1, \cos \omega_0 t, \cos 2\omega_0 t, \cos 3\omega_0 t, \dots, \cos n\omega_0 t, \dots, \sin \omega_0 t, \sin 2\omega_0 t, \sin 3\omega_0 t, \dots, \sin n\omega_0 t\}$$

Suatu isyarat sinus dengan frekuensi  $n\omega_0 t$  boleh dikatakan sebagai isyarat berharmonik ke- $n$  di mana  $\omega_0$  ialah frekuensi sinus dan  $n$  ialah integer. Dalam set ini, frekuensi sinus  $\omega_0$  dikenali sebagai frekuensi asas.

Secara amnya, suatu isyarat  $f(t)$  boleh diungkapkan dalam bentuk trigonometri siri Fourier bagi semua selang masa  $T_0$  seperti di bawah:

$$f(t) = a_0 + a_1 \cos \omega_0 t + a_2 \cos 2\omega_0 t + \dots + a_1 \sin \omega_0 t + a_2 \sin 2\omega_0 t + \dots \quad t_1 \leq t \leq t_1 + T_0 \quad (2.4.1)$$

atau

$$f(t) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos n\omega_0 t + b_n \sin n\omega_0 t) \quad t_1 \leq t \leq t_1 + T_0 \quad (2.4.2)$$

di mana

$$a_0 = \frac{1}{T_0} \int_{t_1}^{t_1+T_0} f(t) dt \quad (2.4.2a)$$

$$a_n = \frac{2}{T_0} \int_{t_1}^{t_1+T_0} f(t) \cos n\omega_0 t dt \quad (2.4.2b)$$

$$b_n = \frac{2}{T_0} \int_{t_1}^{t_1+T_0} f(t) \sin n\omega_0 t dt \quad (2.4.2c)$$

## 2.4.2 Trigonometri Siri Fourier Padat

Persamaan (2.4.2) di atas mempunyai kedua-dua komponen sinus dan kosinus yang mempunyai frekuensi asas yang sama. Kedua-dua komponen ini boleh digabungkan menjadi satu ungkapan sinus dengan mengekalkan frekuensi asasnya.

$$a_n \cos n\omega_0 t + b_n \sin n\omega_0 t = C_n \cos (n\omega_0 t + \theta_n) \quad (2.4.3)$$

di mana

$$C_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2} \quad (2.4.3a)$$

$$\theta_n = \tan^{-1} \left( \frac{-b_n}{a_n} \right) \quad (2.4.3b)$$

Untuk kekonsistennannya, ungkapan dc,  $a_0$  digantikan dengan  $C_0$ .

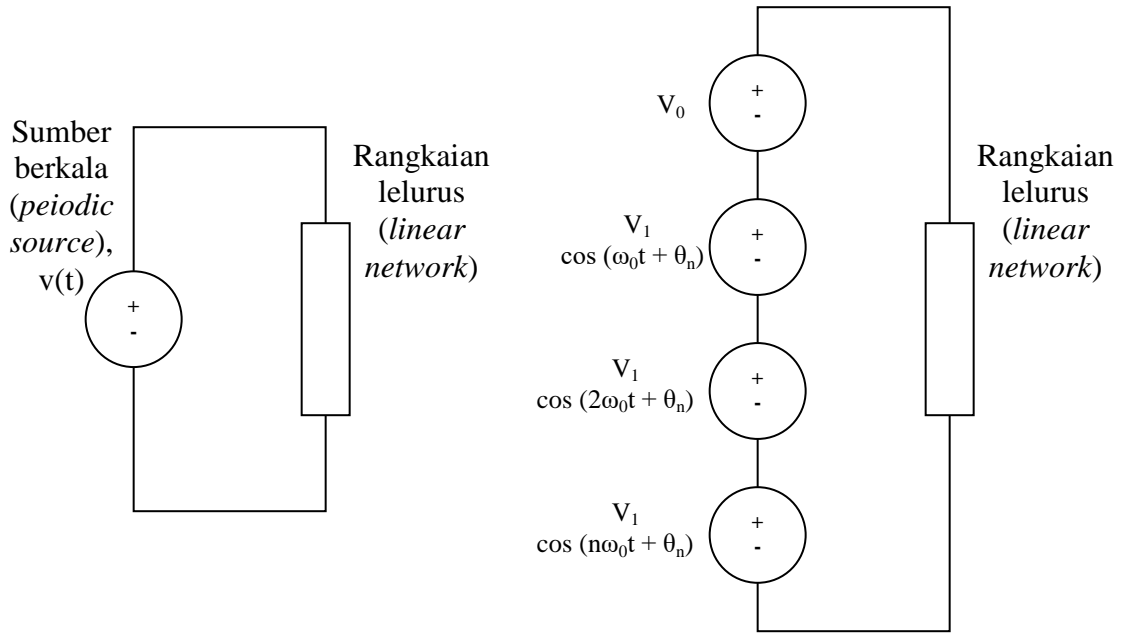
$$C_0 = a_0 \quad (2.4.3c)$$

Jadi, persamaan trigonometri siri Fourier padat diungkapkan seperti di bawah:-

$$f(t) = C_0 + \sum_{n=1}^{\infty} C_n \cos (n\omega_0 t + \theta_n) \quad (2.4.4)$$

Nota: Dalam bidang elektrik dan elektronik, persamaan (2.4.4) juga dikenali sebagai bentuk amplitud-fasa (amplitude-phase form).

### 2.4.3 Analisa Aplikasi Trigonometri Dalam Litar Elektrik



Bagi suatu isyarat elektrik yang berharmonik ke-n,

$$v(t) = V_{dc} + \sum_{n=1}^{\infty} V_n \cos(n\omega_0 t - \theta_n) \quad (2.4.5)$$

$$I(t) = I_{dc} + \sum_{n=1}^{\infty} I_n \cos(m\omega_0 t - \phi_m) \quad (2.4.6)$$

Jika  $n = m$ ,

Jadi, kuasa purata, 
$$P = V_{dc} \cdot I_{dc} + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} V_n \cdot I_n \cos(\theta_n - \phi_n)$$

(2.4.7)

Unutk kes isyarat berkala, dan katakan  $v(t)$  ialah suatu fungsi voltan berkala,

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt}$$

Di mana,

$$v(t) = v_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (A_n \cos n\omega_0 t + B_n \sin m\omega_0 t)$$

$$\begin{aligned}
V_{\text{rms}}^2 &= \frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt \\
&= \frac{1}{T} \int_0^T [v_0^2 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} v_0 A_n \cos(n\omega_0 t + \varphi_n) \\
&\quad + \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} A_n \cdot B_m \cos(n\omega_0 t + \varphi_n) \cos(m\omega_0 t + \varphi_m)] \\
&= \frac{1}{T} \int_0^T v_0^2 dt + \frac{2}{T} \sum_{n=1}^{\infty} v_0 A_n \int_0^T \cos(n\omega_0 t + \varphi_n) dt \\
&\quad + \frac{1}{T} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} A_n \cdot B_m \int_0^T \cos(n\omega_0 t + \varphi_n) \cos(m\omega_0 t + \varphi_m) dt
\end{aligned}$$

dt

$$\text{Oleh sebab, } \int_0^T \cos n\omega_0 t \cos m\omega_0 t dt = 0 \quad \text{for } m \neq n$$

$$\int_0^T \cos^2 n\omega_0 t dt = \frac{T}{2} \quad \text{for } m = n$$

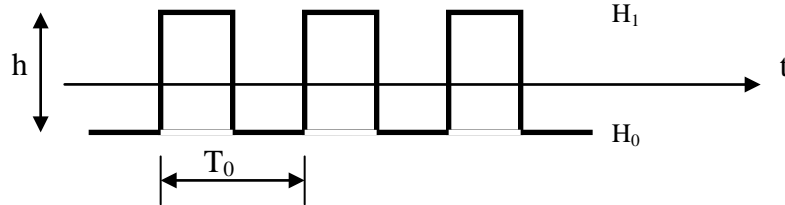
$$\text{Jadi, } V_{\text{rms}}^2 = v_0^2 + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (A_n^2 + B_n^2) \quad (2.4.8)$$

Persamaan (2.4.8) di atas memenuhi teorem Parseval yang menyatakan bahwa kuasa purata bagi suatu isyarat berkala adalah hasil tambah purata kuasa bagi komponen DC dan juga purata kuasa bagi harmoniknya.

Jadi, kuasa purata merentasi suatu komponen dengan rintangan R,

$$P = \frac{V_{\text{rms}}^2}{R}$$

## 2.5 Analisa Fourier Bagi Gelombang Segiempat.



Daripada persamaan (2.4.2a),  $a_0 = \frac{h}{2}$

Daripada persamaan (2.4.2b) dan persamaan (2.4.2c), didapati

$$a_n = 0,$$

$$b_n = \frac{h}{n\pi} \{ (1 - \cos n\pi) \}$$

Jadi, fungsi trigonometri siri Fourier untuk suatu gelombang segiempat dengan fundamental frekuensi,  $\omega_0$ ,

$$F(t) = \frac{h}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{h}{n\pi} \{ (1 - \cos n\pi) \sin n\omega_0 t \} \quad (2.5.1)$$

Daripada persamaan (2.3.1),

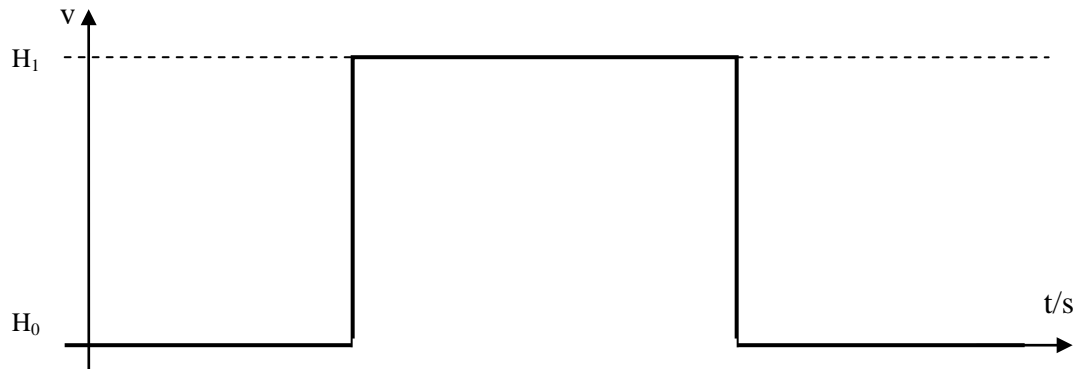
- Nilai bagi  $b_n$  akan menjadi 0 jika  $\cos n\pi = 1$ .
- Ini hanya akan berlaku apabila  $n = 0, 2, 4, \dots$

Oleh demikian,  $b_1 = \frac{2h}{\pi}$ ,  $b_3 = \frac{2h}{3\pi}$ ,  $b_5 = \frac{2h}{5\pi}$

Jadi, fungsi trigonometri siri Fourier ialah

$$F(t) = \frac{h}{2} + \frac{2h}{\pi} \sin \omega_0 t + \frac{2h}{3\pi} \sin 3\omega_0 t + \frac{2h}{5\pi} \sin 5\omega_0 t + \dots \quad (2.5.2)$$

Apabila fungsi ini diplotkan, keputusan berikut diperoleh:



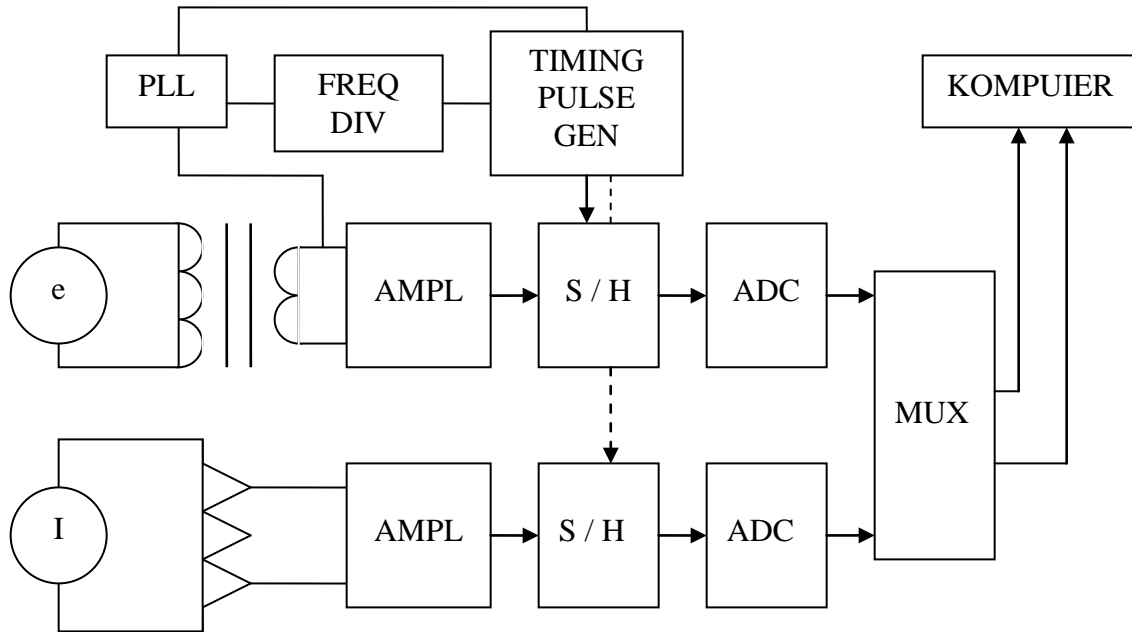
Gambarajah di atas menunjukkan bahawa fungsi  $f(t)$  ialah suatu fungsi berkala dengan asas masa perkalaan  $T_0$  saat. Ini adalah sama dengan kadar pengulangan fundamental,  $f = \frac{1}{T_0}$  Hz.

Proses penjelmaan siri Fourier di atas menganggapkan fungsi masa yang terjelma mengulangkan fungsi ini berulang kali dengan masa  $t$  yang berbeza dengan yang terdapat dalam fungsi  $f(t)$ , tetapi ia berkala berulang kali dalam suatu frekuensi lain yang tetap.

Nota: Analisis Fourier berterusan hanya dapat dijalankan jika isyarat yang dianalisis adalah berkala atau dianggap berkala.



## 2.6 Proses Pengukuran



**Proses-proses pengukuran jangkua kuasa digit adalah seperti berikut:**

1. Sampel bentuk gelombang arus dan bentuk gelombang voltan diambil serentak pada selang masa yang ditetapkan. Jeda persampelan ialah satu hasil kamiran separa tempoh suatu gelombang dengan masa semasa persampelan berlaku di mana telah ditakrifkan dengan satu ketidakpaastian kurang daripada 50 ns.
2. Proses persampelan dilaksanakan dengan satu litar amplifier sampel dan pegang yang dikawal dengan satu penjana pemaasaan denyut
3. Nilai seketika isyarat voltan yang 'ditangkap' atau disampel oleh litar sampel dan pegang kemudiannya terdigit dengan menggunakan suatu ADC dengan resolusi 1 dalam 16384.
4. Keputusan atau keluaran daripada ADC seterusnya digunakan untuk kiraan berangka untuk kuasa seketika

## **BAB 3: REKA BENTUK, KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN**

### **3.1 Reka Bentuk**

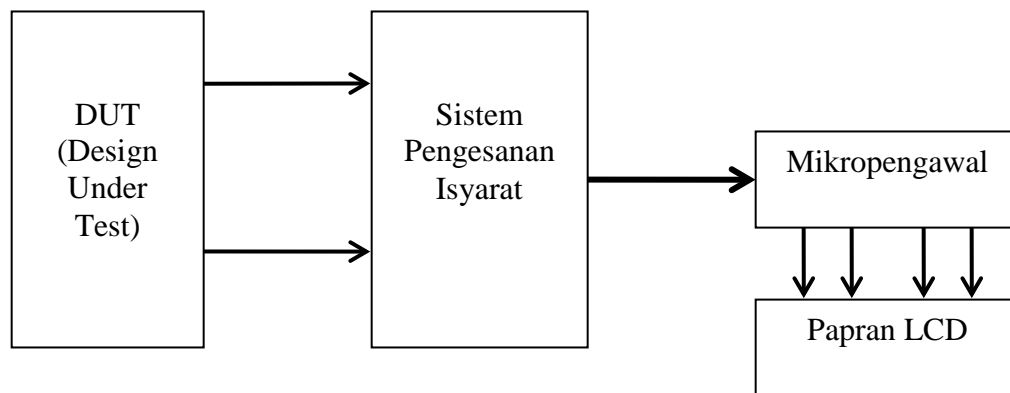
#### **3.1.1 Rekabentuk Litar Elektrik**

##### **3.1.1.1 Pengenalan**

Jangka kuasa digit ialah satu alat pengukuran yang berkeupaya untuk membuat pengukuran voltan dan arus merentasi satu beban. Kemudiannya, alat pengukuran ini berupaya untuk mengira kuasa daripada nilai voltan dan nilai arus yang diukur. Seterusnya, keputusan kuasa yang dikira dihantar untuk paparan supaya boleh dibaca oleh manusia.

Memandangkan keperluan yang diperlukan di atas, jangka kuasa ini perlu direka bentuk agar ia berkebolehan untuk mendapatkan bacaan voltan dan arus merentasi suatu beban. Disebabkan jangka kuasa ini beroperasi secara digit, mikropengawal yang dipilih mesti berkeupayaan untuk membuat pengiraan kuasa dan paparan yang dipilih mesti berkeupayaan memberikan keputusan dengan ketepatan yang tinggi di samping ia mesti senang dibaca oleh manusia.

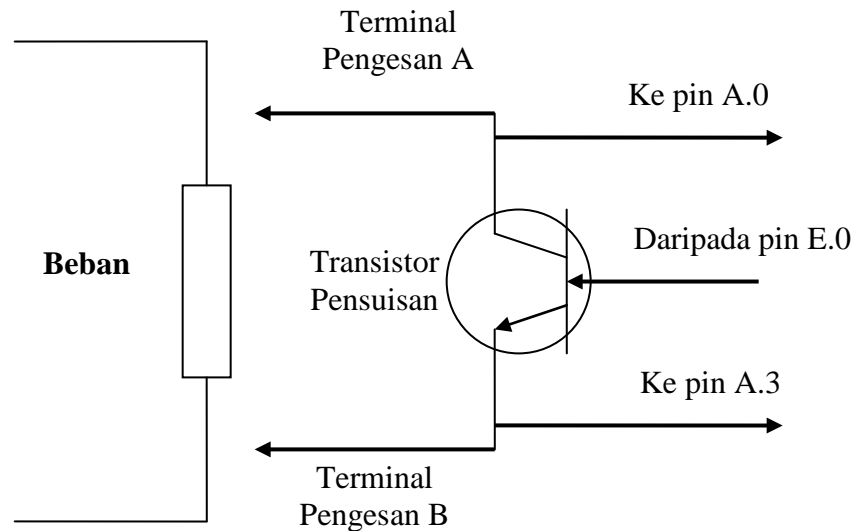
#### **Gambarajah Blok:**



Rajah 3.1 Gambarajah Blok Bagi Jangka Kuasa Digit

### 3.1.1.2 Litar Elektrik

#### 3.1.1.2.1 Litar Pemprosesan Isyarat Masukan



Rajah 3.2 Litar Pengesan Isyarat

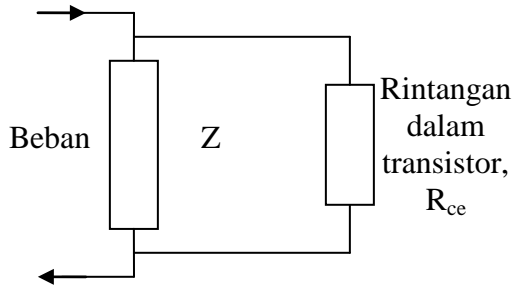
Secara amnya, litar DUT dalam Rajah 3.1 boleh diwakili dengan suatu beban seperti dalam Rajah 3.2 di atas. Beban ini boleh wujud dalam bentuk sama ada keberintangan, beban berkemuatan, beban beraruhan atau mana-mana kombinasi keberintangan, berkemuatan dan beraruhan.

Kedua-dua terminal pengesan di atas bertujuan untuk mengesan nilai voltan analog pada titik tersebut. Jika terdapat kejatuhan voltan merentasi kedua-dua titik tersebut, maka terdapat kejatuhan voltan merentasi beban tersebut. Transistor pensuisan yang digunakan ialah transistor 2N2222 yang mempunyai cirian transistor pensuisan cepat. Ia berkeupaya untuk membuat pensuisan sehingga  $50 \times 10^6$  kali dalam satu saat pada keadaan tipikal.

Sistem pengesan isyarat ini beroperasi bermula dengan penghantaran satu isyarat digit rendah atau lebih dikenali sebagai 0V kepada pin E.0. Isyarat rendah ini bertujuan untuk menutupkan transistor pensuisan itu. Dengan menutupkan transistor ini, mikropengawal akan beroperasi untuk membaca voltan analog di terminal pengesan A dan

terminal pengesan B menerusi pin A.0 dan pin A.3. Perbezaan voltan ini direkodkan sebagai kejatuhan voltan merentasi beban itu.

Kemudiannya, satu isyarat digit tinggi dihantar kepada tapak transistor itu menerusi pin E.0. Ini akan mengaktifkan transistor pensuisan itu.



Rajah 3.3 Litar Rintangan Berkesan

Dengan merujuk kepada Rajah 3.3,

$$\text{Rintangan berkesan, } R_{eq} = \frac{Z * R_{ce}}{Z + R_{ce}}$$

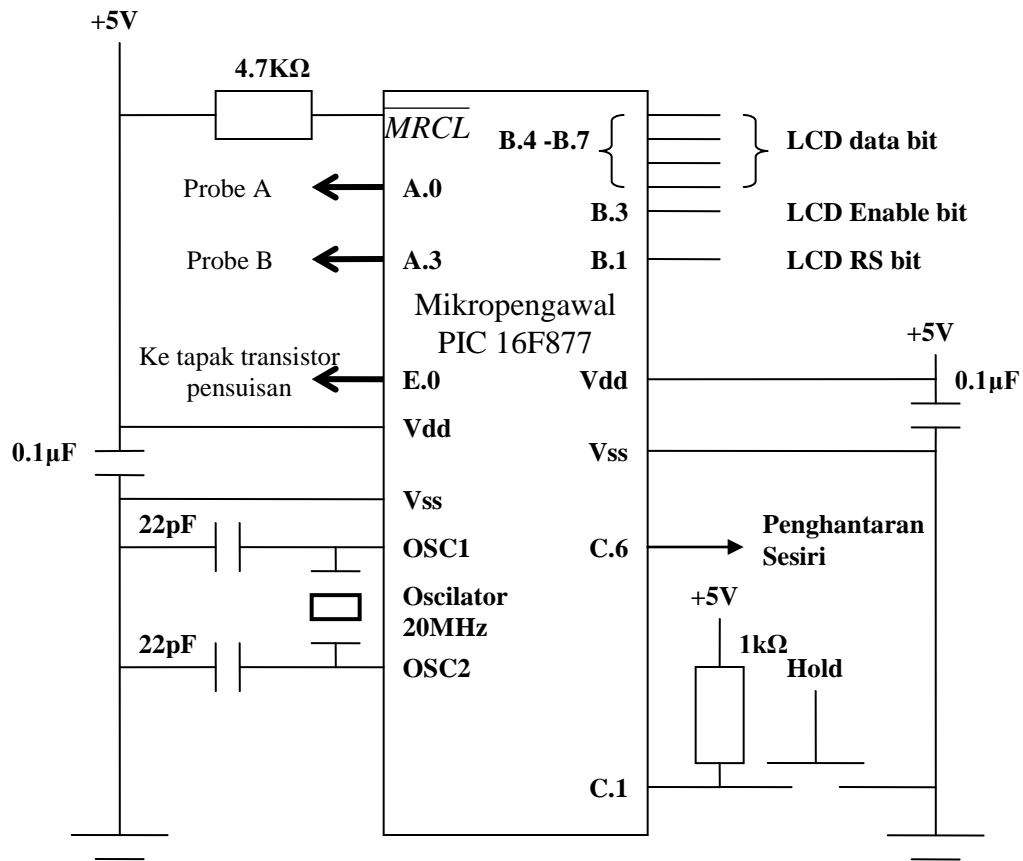
Jika  $Z \gg R_{ce}$ , maka

$$R_{eq} \approx R_{ce} \quad (3.1.1.2.1)$$

Pada masa ini, arus yang merentasi beban akan mengalir menerusi transistor pensuisan itu disebabkan oleh  $R_{eq} \approx R_{ce}$ , di mana  $R_{ce}$  ialah rintangan merentasi pemungut dan pemancar transistor itu. Dalam proses ini, satu anggapan telah dibuat di mana beban tersebut mempunyai nilai impedans yang sangat tinggi, iaitu lebih daripada  $10k\Omega$ . Semasa pin E.0 memberikan isyarat rendah, arus yang sepatutnya merentasi beban akan menukar laluan alirannya ke rintangan dalaman transistor, iaitu lebih kurang  $15\Omega$ . Pada masa ini, mikropengawal akan membaca voltan analognya menerusi terminal pengesan A dan B. Arus merentasi beban kemudiannya dikira dengan berdasarkan rumus di bawah:

$$I = \left| \frac{V_A - V_B}{R_{ce}} \right| \quad A \quad (3.1.1.2.2)$$

### 3.1.1.2.2 Litar Mikropengawal



Rajah 3.4 Litar Antara Muka PIC 16F877 Dengan Peranti Persisian

#### Operasi MCU PIC 16F877

Mikropengawal PIC 16F877 ini beroperasi dengan menggunakan penyusun PicBasic Pro. Secara amnya, MCU ini beroperasi dengan memberikan isyarat gelombang berayun yang terjana daripada kristal pengayun yang berfrekuensi 20MHz. Gelombang berayun itu memasuki MCU dari pin OSC1 dan keluar melalui pin OSC2. Selain itu, pin 1, iaitu  $\overline{MCLR}$ , harus sentiasa diberikan satu isyarat tinggi untuk membolehkan MCU ini beroperasi. Ini dapat dilakukan dengan menyambungkan satu perintang tarik atas yang bernilai 4.7kΩ kepada sumber +5V.  $V_{dd}$  bagi MCU ini juga perlu disambungkan kepada +5V dan juga pada masa yang sama dibumikan dengan satu kapasitor 100nF. Daripada Rajah 3.4, peranti persisian yang disambung dengan MCU ini termasuk litar pengesan

isyarat seperti dalam Rajah 3.2 , litar paparan LCD di Rajah 3.5 dan juga satu suis pegang pada pin C.1.

Suis pegang pada pin C.1 ini memainkan peranan untuk membekukan paparan pada layar LCD untuk kemudahan pembacaan pengguna. Ia beroperasi dengan membaca tahap voltan pada pin C.1. Paparan LCD akan dibekukan jika pin C.1 diberikan 0V, manakala paparan pada LCD akan berubah mengikut aliran aturcara program jika diberikan suatu sumber +5V. Suis tekan dan lepas ini ialah suis jenis *normally open*.

Pada mulanya, suis ini tidak ditekan. Mikropengawal akan beroperasi secara berterusan untuk mendapatkan bacaan daripada litar pengesan isyarat. Pada ketika ini, nilai kuasa yang diukur akan berubah secara berterusan berdasarkan nilai voltan dan arus seketika yang diukur. Disebabkan masa pelaksanaan mikropengawal ini terlalu cepat, kuasa yang terukur dan dikira akan berubah dengan sangat cepat dan ini adalah sukar bagi seseorang pengguna untuk mendapatkan bacaan kuasa daripada layar paparan LCD.

Oleh demikian, apabila suis ini ditekan, tahap voltan pada pin C.1 akan dibaca sebagai 0V. Mikropengawal ini akan mengulangi aturcara subroutine pegang itu sehingga suis dilepaskan. LCD pula mempunyai kelebihan untuk terus memaparkan paparan terakhir sehingga paparan baru dihantar kepadanya dengan syarat sumber kuasanya tidak terjejas. Ini mengakibatkan paparan LCD kelihatan tidak berubah apabila suis ditekan.

(Keterangan lanjut bagi litar pengesan isyarat dan litar paparan LCD akan dibincangkan dengan lebih lanjut dalam bahagian 3.1.1.2.1 dan bahagian 3.1.1.2.3 masing-masing.)