

**NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO THIẾT BỊ ĐO CÔNG SUẤT TRONG MẠCH ĐIỆN  
XOAY CHIỀU ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ MỚI**  
MANUFACTURING STUDY ON POWER – MEASURING EQUIPMENT IN  
A.C CIRCUIT IN NEW TECHNOLOGY

**TS. TRẦN SINH BIÊN**  
*Khoa Điện - ĐTTB, Trường ĐHHH*

**Tóm tắt**

*Bài báo nghiên cứu ứng dụng công nghệ mới nhằm chế tạo thiết bị đo công suất tác dụng trong mạch điện xoay chiều một pha.*

**Abstract**

*The article applied studies the application of the new technology for manufacturing the power – measuring equipment in A.C single – phase circuits.*

**1. Đặt vấn đề**

Công suất là một trong các đại lượng quan trọng trong các hệ thống năng lượng điện cần xác định một cách chính xác. Đo chính xác công suất tác dụng có ý nghĩa lớn không chỉ đối với lĩnh vực điện – điện tử mà còn với các lĩnh vực khác. Việc ứng dụng công nghệ vi mạch mới cho phép ta xây dựng modul đo công suất với độ chính xác cao, tiêu thụ năng lượng nhỏ và kích thước gọn nhẹ.

**2. Nội dung****2.1. Các vấn đề đo công suất**

Trong thực tế người ta phân chia công suất ra thành các loại: công suất tác dụng (công suất hữu công)  $P$ , công suất phản kháng (công suất vô công)  $Q$  và công suất biểu kiến (công suất danh định)  $S$ .

Trong mạch điện một chiều, công suất tiêu thụ trên tải bằng tích số của dòng điện  $I$  và điện áp  $U$  trên tải đó:  $P = U \cdot I$  hoặc  $P = I^2 \cdot R$  hoặc  $P = U^2/R$  (1)

Trong mạch điện xoay chiều, công suất tức thời cũng được xác định bằng tích số  $p = u \cdot i$ , ở đây  $u$  và  $i$  là trị số tức thời của điện áp và dòng điện. Trong mạch điện có dạng điều hòa thì biểu thức công suất tiêu thụ trên tải là:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt \quad (2)$$

Biểu thức (2) là giá trị trung bình của công suất trong một chu kỳ, nó còn được gọi là công suất tác dụng. Nếu điện áp và dòng điện có dạng hình sin thì biểu thức (2) có dạng:

$$P = UI \cos \varphi \quad (3)$$

Còn công suất phản kháng được tính thì bằng:

$$Q = UI \sin \varphi \quad (4)$$

Trong đó:  $U$  và  $I$  là trị số hiệu dụng của điện áp và dòng điện, còn  $\varphi$  là góc lệch pha giữa điện áp và dòng điện.

**2.2. Đo công suất theo phương pháp kim điện**

Trên thực tế thì thông thường chỉ cần xác định trị số công suất tác dụng. Việc đo công suất tác dụng  $P$  có thể thực hiện trực tiếp bằng cách nhân điện áp và dòng điện trên tải bằng một thiết bị nhân. Oatmet điện động được cấu tạo theo phương pháp này, trị số chỉ thị của kim Oatmet là

một đại lượng tỉ lệ trực tiếp với tích số của điện áp và dòng điện trên tải cần đo. Song loại oatmet điện động chỉ có thể dùng để đo công suất ở tần số thấp với trị số tương đối lớn.

Ngoài ra, để đo công suất người ta sử dụng thiết bị nhân. Sơ đồ khối nguyên lý mạch đo công suất sử dụng thiết bị nhân được thể hiện trên hình 1.

Ta dùng thuật toán biến đổi phép nhân theo đẳng thức:

$$x_1 x_2 = \frac{1}{4} [(x_1 + x_2)^2 - (x_1 - x_2)^2] \quad (5)$$

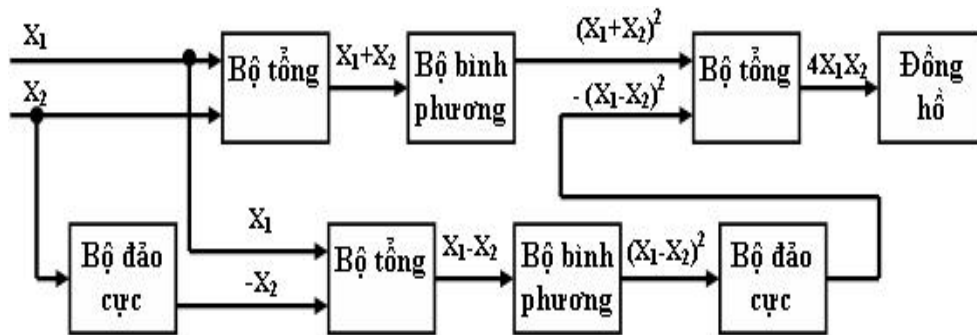
Nếu ở đầu vào mạch nhân mà có  $x_1 = U \sin \omega t$ ,  $x_2 = I \sin(\omega t - \varphi)$  là các thành phần điện áp và dòng điện trên tải thì ở đầu ra sẽ có điện áp:

$$4x_1 x_2 = 4UI \sin \omega t \sin(\omega t - \varphi) \quad (6)$$

Mặt khác, biến đổi lượng giác biểu thức (6) ta có:

$$4x_1 x_2 = 2UI \cos \varphi - 2UI \cos(2\omega t - \varphi) \quad (7)$$

Ở đây, điện áp được đo bằng đồng hồ từ điện, song song với đồng hồ có được mắc tụ điện, nên rị số chỉ thị của kim đồng hồ tương ứng với thành phần một chiều:  $2UI \cos \varphi$ , tức là công suất P cần đo trên tải.



Hình 1. Sơ đồ khối nguyên lý mạch đo công suất sử dụng thiết bị nhân.

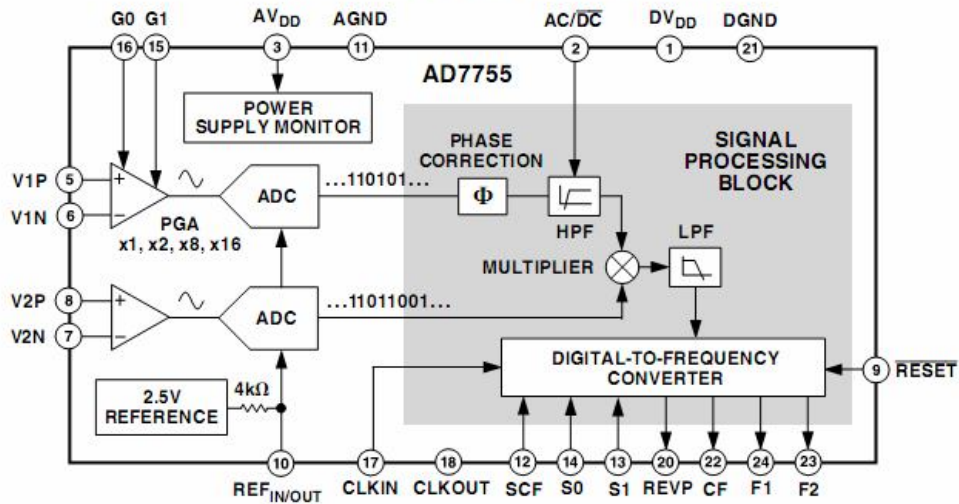
Để có được phần tử có đặc tuyến bậc hai thì có thể sử dụng đặc tuyến bậc hai của đèn bán dẫn như phần đầu của đặc tuyến dòng điện-điện áp của đi-ốt hoặc của tranzito. Nhược điểm của các oatmet dùng phương pháp nhân bằng đặc tuyến bậc hai của đèn bán dẫn là yêu cầu đèn phải có đặc tuyến thống nhất. Vì vậy nó thường có sai số khi đèn có biến đổi đặc tuyến, như khi đèn bị già đi, khi đèn bị thay thế hay khi có sự thay đổi điện áp cung cấp. Để nâng cao độ chính xác thì điện áp cung cấp cho mạch phải ổn định, nên thường hay thực hiện hồi tiếp dòng điện.

### 2.3. Giải pháp mới đo công suất tác dụng trong mạch điện xoay chiều 1 pha

Dưới đây là một phương pháp mới đo công suất tác dụng có sử dụng vi mạch (IC) chuyên dụng AD7755 của hãng Analog Devices kết hợp dùng Vi điều khiển (ViDK). AD7755 là IC đo công suất và năng lượng điện với độ chính xác cao. Mạch tương tự duy nhất được dùng trong AD7755 là trong các bộ bộ chuyển đổi tương tự số ADC. Tất cả các quá trình xử lý tín hiệu khác như nhân, lọc đều được thực hiện miền tín hiệu số. Điều này sẽ đảm bảo độ ổn định và chính xác ngay trong điều kiện môi trường khắc nghiệt và trong thời gian dài.

AD7755 đưa ra thông tin về giá trị công suất tác dụng trung bình trên đầu ra tần số thấp F1 và F2. Đầu ra tần số CF đưa ra thông tin về công suất tác dụng tức thời. Đầu ra này được sử dụng cho mục đích hiệu chỉnh, hay để ghép nối tới một khối ViDK.

**FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM**



**Hình 2. Sơ đồ khối chức năng IC AD7755.**

Hình 2 là sơ đồ khối chức năng của IC AD7755. AD7755 gồm một mạch nguồn ở chân AV<sub>DD</sub>. AD7755 sẽ vẫn ở trong tình trạng bị reset cho đến khi điện áp cấp chân AV<sub>DD</sub> là 4V. Trong AD7755 có tích hợp bộ kiểm soát nguồn trên chip. Nếu nguồn nhỏ hơn 4V ± 5% thì AD7755 sẽ bị reset. Điều này là cần thiết để đảm bảo khởi động chính xác thiết bị lúc bật và tắt nguồn. Nếu nguồn cấp giảm đi nhỏ hơn 4V thì AD7755 sẽ cũng sẽ bị reset và sẽ không có xung nào được phát ra tại chân F1, F2 và chân CF.

Trong AD7755 gồm có kênh dòng V1 và kênh áp V2. Các tín hiệu được đưa vào là dạng tương tự sau khi đã được chuẩn hóa qua bộ ADC, mạch lọc thông và sẽ đưa tới đầu ra dạng tần số. Mạch điều chỉnh pha Φ bên trong bảo đảm kênh điện áp V2 và kênh dòng V1 là pha thích hợp cho dù bộ lọc thông cao HPF trong kênh dòng V1 là On hay Off. Các tín hiệu đầu ra được ghép nối VĐK để thực hiện xử lý, tính toán và điều khiển hiển thị.

*Kênh dòng V1* có đầu vào điện áp vi sai: V1P là dương, V1N là âm. Tín hiệu vi sai cực đại trên kênh V1 phải nhỏ hơn ± 470mV. Kênh V1 có một bộ khuếch đại với hệ số khuếch đại có thể thay đổi được là: 1, 2, 8 hoặc 16. Tùy theo hệ số khuếch đại được chọn mà giá trị điện áp vi sai cực đại vào tương ứng là ± 470 mV, ± 235 mV, ± 60 mV, ± 30 mV.

*Kênh kênh điện áp V2* có đầu vào điện áp vi sai: V2P là dương, V2N là âm. Tín hiệu vi sai lớn nhất trên kênh V2 là ± 660 mV.

**Nguyên lý hoạt động của IC AD7755:**

Hai bộ ADC biến tín hiệu điện áp từ hai kênh V1 và V2 thành các tín hiệu số. Hệ số khuếch đại dễ dàng thay đổi được trong kênh dòng V1 có thể làm cho bộ biến đổi gọn nhẹ hơn. Một bộ lọc thông cao HPF trong kênh dòng loại bỏ bất kỳ thành phần một chiều nào từ tín hiệu dòng điện và khử sai số trong việc tính toán công suất tác dụng do tín hiệu dòng hoặc áp gây ra.

Việc tính toán công suất tác dụng được xuất phát từ tín hiệu công suất tức thời. Tín hiệu công suất tức thời được xác định bằng một phép nhân trực tiếp của tín hiệu dòng và áp. Để tách ra thành phần công suất tác dụng (thành phần một chiều), tín hiệu công suất tức thời được đưa tới bộ lọc thông thấp LPF.

Đầu ra tần số thấp F1 và F2 của AD7755 được tính bằng tích thông tin công suất tác dụng này. Bản thân tần số F1 và F2 có nghĩa là một khoảng thời gian tích trữ giữa các xung ra. Tần số ra vì thế tỷ lệ với công suất tác dụng trung bình. Thông tin về công suất tác dụng trung bình có thể được tích trữ bằng một bộ đếm để tổng hợp thông tin về năng lượng thực. Đầu ra tần số cao CF tỷ lệ với công suất tác dụng tức thời và cần thời gian tích phân ngắn hơn. Điều này là có lợi cho mục đích điều chỉnh dưới điều kiện tải ổn định.

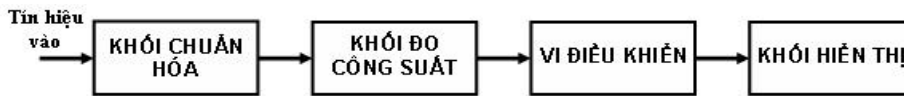
Ghép nối AD7755 với VĐK: Cách đơn giản nhất để kết nối AD7755 với VĐK là dùng đầu ra tần số cao CF với tỷ lệ tần số được đặt lên tới  $2048 \times F1, F2$  ( $SCF = 0$  và  $S0 = S1 = 1$ ). Với các tín hiệu xoay chiều tỷ lệ thật trên các đầu vào tương tự, tần số trên CF xấp xỉ 5,5 kHz. Đầu ra CF được nối với bộ đếm bên trong khối VĐK. VĐK sẽ đếm số xung trong một thời gian định trước  $T_0$ . Công suất trung bình tỷ lệ với tần số trung bình:

$$\text{Tần số trung bình} = \text{Công suất trung bình} = \text{Counter/Time} \quad (8)$$

Năng lượng tiêu thụ trong suốt thời gian tích phân được xác định:

$$\text{Năng lượng} = \text{Công suất trung bình} \times \text{Time} = \text{Counter} \quad (9)$$

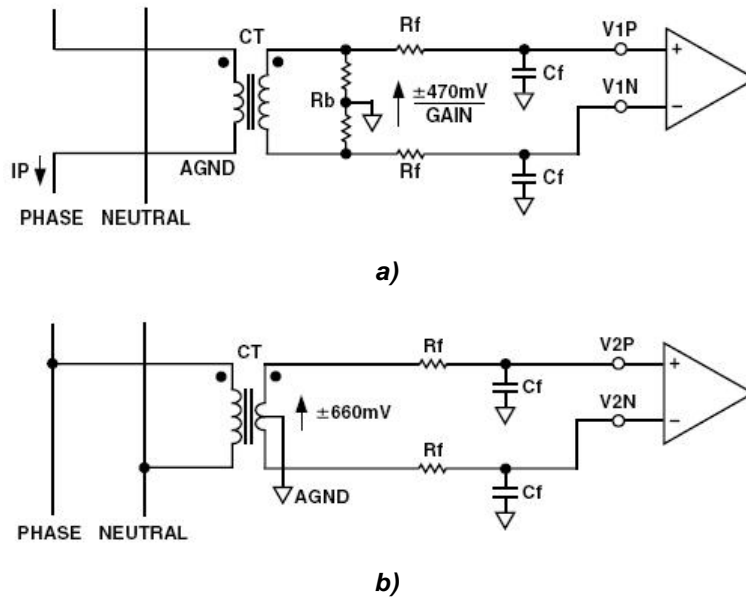
Với mục đích điều chỉnh, thời gian  $T_0$  có thể 10 đến 20 giây để được đủ số xung đảm bảo độ chính xác của phép đo tần số. Ở chế độ bình thường thời gian  $T_0$  có thể giảm xuống 1 hoặc 2 giây tùy theo trường hợp. Với thời gian  $T_0$  ngắn hơn, giá trị công suất có thể có chút “gợn sóng”, thậm chí ngay khi tải ổn định. Tuy nhiên, với thời gian  $T_0$  lớn hơn một phút thì công suất đo được sẽ không có “gợn sóng”. Trên hình 3 là sơ đồ khối đo công suất tác dụng.



Hình 3. Sơ đồ khối đo công suất tác dụng.

Giới thiệu chức năng các khối:

**Khối chuẩn hóa** có tác dụng biến đổi điện áp và dòng điện của tải cần đo về giá trị chuẩn để đưa vào khối đo công suất. Đối với kênh dòng V1, khối chuẩn hóa chuyển đổi dòng điện tải thành điện áp phù hợp với giá trị điện áp vào lớn nhất không vượt quá  $\pm 470\text{mV}$ . Đối với kênh áp V2, khối chuẩn hóa chuyển đổi điện áp đầu vào của tải thành điện áp phù hợp với giá trị điện áp vào lớn nhất không vượt quá  $\pm 660\text{mV}$ . Sơ đồ thực hiện khối chuẩn hóa trên hình 4.



Hình 4. Sơ đồ khối chuẩn hóa.

a) Sơ đồ kênh dòng V1; b) Sơ đồ kênh áp V2

**Khối đo công suất** có tác dụng nhận các giá trị của kênh dòng V1 và kênh áp V2 đã được chuẩn hóa từ khối chuẩn hóa, thực hiện biến đổi để có tín hiệu lối ra CF tỉ lệ thuận với giá trị công suất tác dụng cần đo.

**Vi điều khiển** có nhiệm vụ nhận dữ liệu từ **khối đo công suất**, tính toán và điều khiển hiển thị kết quả lên màn hình LCD.

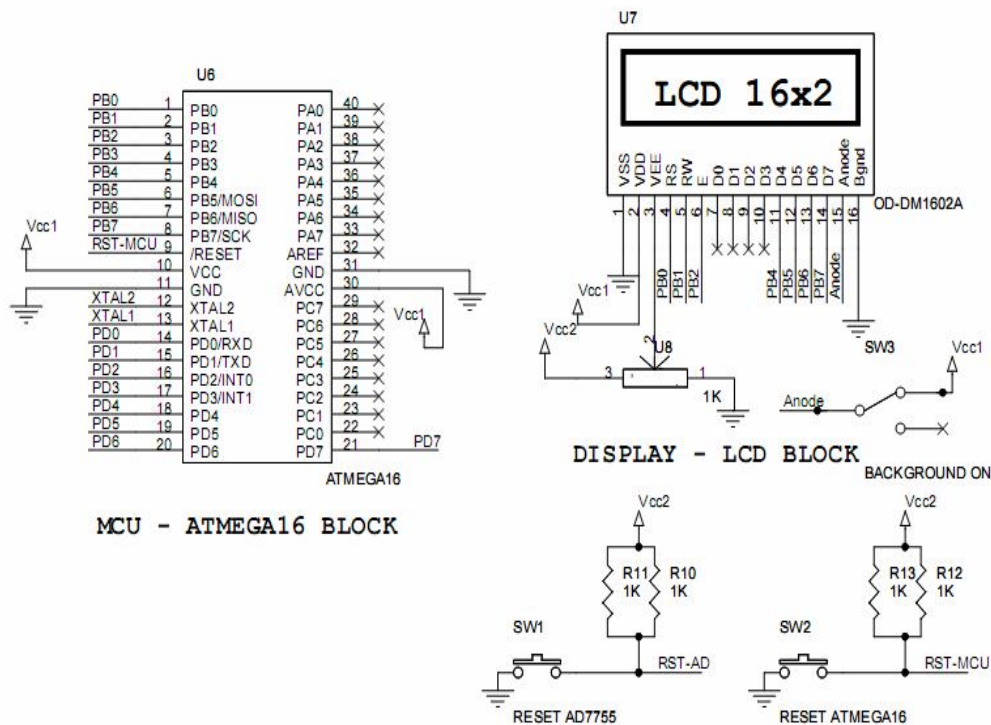
**Khối hiển thị** là màn hình LCD có nhiệm vụ hiển thị giá trị công suất đo được. Đây là loại màn hình LCD (Liquid Crystal Display) 16x2 - là thiết bị hiển thị thông minh ít tiêu tốn năng lượng hơn LED và có khả năng hiển thị đa dạng các ký tự, có thể hiển thị nhiều ký tự cùng lúc. LCD có thể hoạt động ở chế độ 4 bit hay 8 bit tùy thuộc vào chúng ta lựa chọn.

Với điều khiển 4 bit thì sẽ có 4 đường dữ liệu được kết nối với LCD và 4 đường dữ liệu này được kết nối với nửa cao của đường dữ liệu LCD (DB4, DB5, DB6, DB7), và dữ liệu được đưa ra làm 2 lần, lần đầu là 4 bit cao và sau là 4 bit thấp. Ngoài đường dữ liệu LCD modul còn có 3 đường điều khiển. Đó là tín hiệu cho phép E (Enable Signal), tín hiệu điều khiển đọc viết R/W (Read/write), và tín hiệu chọn thanh ghi cho vào ra dữ liệu RS (Register Select).

Sơ đồ nguyên lý kết nối Vi điều khiển và LCD được thể hiện trên hình 5.

Màn hình LCD làm nhiệm vụ hiển thị các kết quả đã tính toán được ở khối đo công suất. Đầu tiên VĐK sẽ khởi tạo LCD và chế độ hoạt động cho nó. Ở đây ta sử dụng chế độ 4 bit của LCD. Bốn chân dữ liệu DB4-DB7 của LCD được kết nối với 4 chân của VĐK PB4-PB7.

Việc đưa hiển thị được điều khiển bởi 3 chân E, RS và R/W tương ứng với các chân PB6, PB3 và PB4 của VĐK. Chân E cho phép quá trình bắt đầu đọc và ghi dữ liệu trên LCD, chân R/W chọn chế độ đưa dữ liệu lên LCD hoặc đọc dữ liệu từ LCD, còn chân RS chỉ ra là chọn thanh ghi lệnh hay thanh ghi dữ liệu.

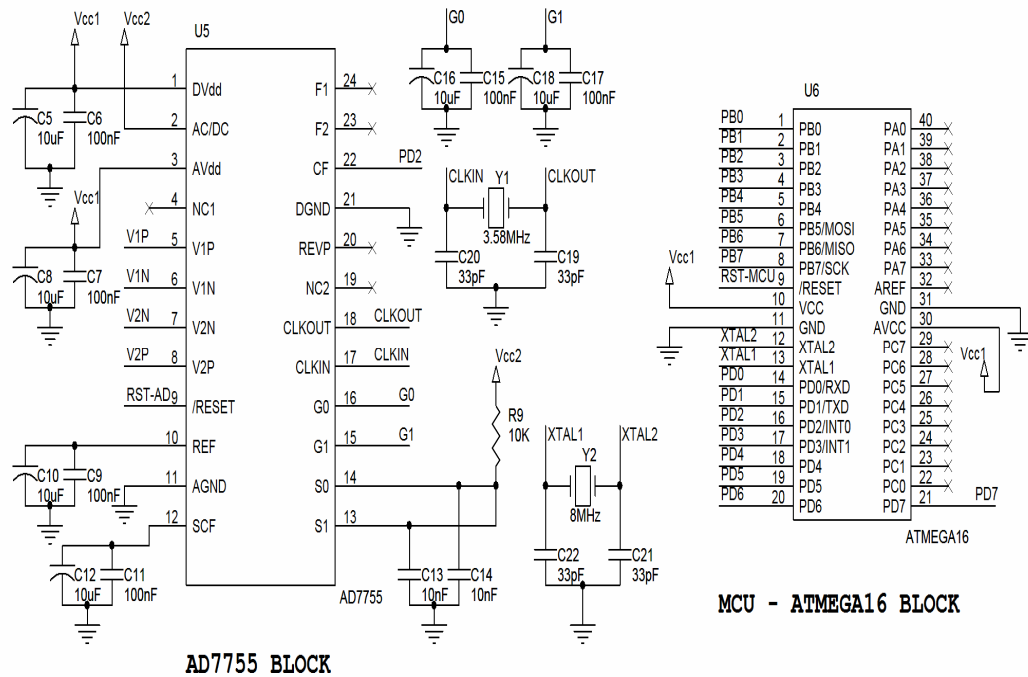


**Hình 5. Sơ đồ nguyên lý kết nối Vi điều khiển và LCD.**

Atmega16 là loại VĐK AVR 8 bit theo công nghệ mới với những tính năng rất mạnh được tích hợp trong một chip của hãng Atmel theo công nghệ RISC, nó mạnh ngang hàng với các họ vi điều khiển 8 bit khác như Pic, Pisoc. Do ra đời muộn hơn nên họ VĐK AVR có nhiều tính năng mới đáp ứng tối đa nhu cầu của người sử dụng so với họ 8051, 89xx sẽ có độ ổn định, khả năng tích hợp, sự mềm dẻo trong việc lập trình và rất tiện lợi.

Các tính năng mới: Giao diện SPI đồng bộ; Các đường dẫn vào ra I/O lập trình được; Bộ biến đổi ADC 10 bit; Các kênh băm xung PWM; Các chế độ tiết kiệm năng lượng như sleep, stand

by; Một bộ định thời watchdog; 3 bộ Timer/Counter 8 bit; 1 bộ Timer/Counter 16 bit; 1 bộ so sánh analog; Bộ nhớ EPROM; Giao tiếp UART. Trên hình 6 là sơ đồ nguyên lý kết nối VĐK Atmega16 với AD7755.



Hình 6. Sơ đồ nguyên lý kết nối VĐK Atmega16 với AD7755.

Tín hiệu từ lõi ra tần số cao CF của AD7755 được đưa tới đầu vào bộ đếm (PD2) của VĐK Atmega16. IC AD7755 cấp giá trị công suất đo được dưới dạng xung tới đầu ra CF. VĐK sẽ đếm số xung này và hiển thị lên màn hình LCD. Giá trị công suất P là tỉ số giữa số xung đếm được và khoảng thời gian đếm.

**3. Kết luận**

Việc ứng dụng công nghệ vi mạch thể hệ mới cho phép ta xây dựng Modul đo công suất tác dụng với kích thước nhỏ, công suất tiêu thụ của Modul thấp và độ chính xác phép đo cao. Điều này cho thấy *giải pháp mới đo công suất tác dụng trong mạch điện xoay chiều một pha* được trình bày ở trên là đúng đắn. Không thay đổi cấu hình phần cứng mà chỉ cần bổ xung thêm phần mềm nạp cho VĐK cho phép Modul này có khả năng đo đồng thời cả công suất tác dụng và điện năng tiêu thụ - điều này thể hiện tính đa năng của sản phẩm.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] PGS.TS Phạm Thượng Hàn, Nguyễn Trọng Quế, Nguyễn Văn Hoà (2004), *Đo lường các đại lượng vật lý*, tập 2, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.  
 [2] Phạm Văn Tuấn, Nguyễn Thúy Anh, Đỗ Lê Phú, Nguyễn Ngọc Văn, Vũ Quý Điềm (2007), *Cơ sở kỹ thuật đo lường điện tử*, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật.  
 [3] Rathore T.S (2003), *Digital Measurement Techniques*, Second editor – Narosa Publicsing House, New Delhi, India.  
 [4] <http://www.analog.com>

Người phản biện: TS. Trần Anh Dũng