

# Thiết kế thiết bị đo và giám sát điện năng tích hợp mạng thông tin di động GSM

■ TS. NGUYỄN KHẮC KHIÊM - Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

**TÓM TẮT:** Bài báo phân tích đánh giá các phương pháp đo công suất điện năng tiêu thụ, từ đó thiết kế cứng thiết bị đo điện năng được tích hợp với mạng thông tin di động GSM. Thiết bị được thử nghiệm với nhiều tải khác nhau với thời gian thử nghiệm là 6 phút, trong thời gian này thiết bị hiển thị đúng các giá trị cần đo. Dữ liệu được lưu trữ theo đúng thời gian thực và chuyển đổi thành giá tiền, kết nối truyền thông và xuất hóa đơn qua máy tính. Thiết bị đã đáp ứng được các tiêu chí đề ra của hệ thống trong thực tế.

**TỪ KHÓA:** Thiết bị đo, công suất điện năng tiêu thụ.

**ABSTRACT:** The article analyzes and evaluates methods of measuring power consumption, then design the hardware of the electric power measuring device which is integrated with GSM network (Global Global System for Mobile Communications). The designed equipment is tested with different loads within 6 minutes, resulting in properly displays of the measured values. Data was stored in real time, converted into money and billing via computers as well as connected to GSM network. The equipment is proven to meet all criteria set by the system in practice.

**KEYWORDS:** Measuring device, power consumption

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đo điện năng tiêu thụ nói riêng và giám sát điện năng tiêu thụ nói chung ngày càng có nhiều đóng góp cho sự phát triển kinh tế - xã hội hiện nay. Thông tin chính xác được cung cấp bởi các công tơ điện là một phần không thể thiếu đối với các hệ thống quản lý điện năng.

Mạng GSM (Global Global System for Mobile Communications) hiện đang chiếm một phần rất lớn trong hệ thống thông tin viễn thông toàn cầu. Chất lượng phục vụ của dịch vụ viễn thông ngày một tốt hơn, giá cước liên lạc ngày càng rẻ.

Hệ thống đo và giám sát điện năng tiêu thụ nếu được áp dụng công nghệ viễn thông sẽ nâng cao hiệu quả thông báo một cách đáng kể như: Giảm chi phí theo dõi, giảm sự di lại cho người công nhân; tăng số lượng trạm nhờ khả năng lắp đặt ở những nơi xa xôi, hẻo lánh; thông tin thu thập được nhanh, chính xác; số mẫu lấy được nhiều hơn hẳn vì được tự động hóa. Hơn nữa, số liệu thu thập được dạng số có thể được chia sẻ một cách nhanh chóng, hiệu quả giữa các trung tâm quản lý hệ thống điện năng.

Mục đích của bài báo là thiết kế thực tế mô hình hệ thống đo và giám sát điện năng tiêu thụ từ công tơ điện liên lạc dữ liệu với trạm trung tâm thông qua mạng di động toàn cầu GSM hiện có.

## 2. XÁC ĐỊNH CÔNG SUẤT TRONG MẠCH ĐIỆN XOAY CHIỀU

**2.1. Xác định công suất với điện xoay chiều một pha**  
Được xác định như là giá trị trung bình của công suất trong một chu kỳ T:

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

Trong đó: p, u, i - Các giá trị tức thời của công suất, áp và dòng.

Trong trường hợp khi dòng và áp có dạng hình sin thì công suất tác dụng được tính là:

$$P = UI \cos \phi \quad (2)$$

Hệ số  $\cos \phi$  được gọi là hệ số công suất. Đại lượng  $S = UI$  gọi là công suất toàn phần, được coi là công suất tác dụng khi phụ tải là thuần điện trở, tức là khi  $\cos \phi = 1$ .

Khi tính toán các thiết bị điện để đánh giá hiệu quả của chúng, người ta còn sử dụng khái niệm công suất phản kháng. Đối với áp và dòng hình sin thì công suất phản kháng được tính theo:

$$Q = UI \sin \phi \quad (3)$$

Trong trường hợp chung nếu một quá trình có chu kỳ với dạng đường cong bất kỳ thì công suất tác dụng là tổng các công suất của các thành phần sóng hài.

$$P = \sum_{n=1}^{\infty} P_n = \sum_{n=1}^{\infty} U_n I_n \cos \phi_n \quad (4)$$

Hệ số công suất trong trường hợp này được xác định như là tỉ số giữa công suất tác dụng và công suất toàn phần:

$$k_p = \frac{P}{S} \quad (5)$$

$$\text{Và khi hình sin thì: } k_p = \cos \phi. \quad (6)$$

Công suất trong trường hợp quá trình có dạng xung. Có thể đặc trưng bởi công suất xung, được xác định như là giá trị trung bình trong thời gian một xung t.

$$P_{\text{x}} = \frac{1}{t} \int_0^t i u dt \quad (7)$$

Công suất tác dụng trong trường hợp này thường được xác định bằng cách đo công suất trung bình trong một chu kỳ lặp lại T của xung.

$$P_{\text{x}} = \frac{1}{T} \int_0^T i u dt = \frac{1}{T} P_{\text{x}} T \quad (8)$$

## 2.2. Xác định công suất với điện xoay chiều ba pha

Biểu thức tính công suất tác dụng và công suất phản kháng là:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = U_{1a} I_{1a} \cos \varphi_1 + U_{1b} I_{1b} \cos \varphi_2 + U_{1c} I_{1c} \cos \varphi_3 \quad (9)$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = U_{1a} I_{1a} \sin \varphi_1 + U_{1b} I_{1b} \sin \varphi_2 + U_{1c} I_{1c} \sin \varphi_3 \quad (10)$$

Với:  $U_{1a}, I_{1a}$  - Điện áp pha và dòng pha hiệu dụng;

$\varphi$  - Góc lệch pha giữa dòng và áp của pha tương ứng.

Biểu thức để đo năng lượng điện được tính như sau:

$$W = \int_{t_1}^{t_2} P dt = \int_{t_1}^{t_2} U i \cos \varphi dt \quad (11)$$

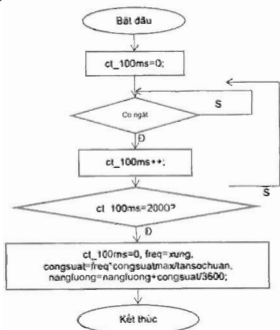
Với:  $P$  - Công suất tiêu thụ;  $t_1, t_2$  - Thời gian tiêu thụ.

Trong mạch 3 pha có:

$$W = \int_{t_1}^{t_2} P_{1a} dt + \int_{t_1}^{t_2} P_{1b} dt + \int_{t_1}^{t_2} P_{1c} dt = \int_{t_1}^{t_2} U_{1a} I_{1a} \cos \varphi_1 dt + \int_{t_1}^{t_2} U_{1b} I_{1b} \cos \varphi_2 dt + \int_{t_1}^{t_2} U_{1c} I_{1c} \cos \varphi_3 dt \quad (1-12)$$

Như vậy, thiết bị đo năng lượng điện phải bao gồm một bộ phận chuyển đổi để đo công suất, một bộ tích phân. Bộ chuyển đổi đo công suất được thực hiện theo nhiều công suất khác nhau.

Lưu đồ thuật toán cho khối đo điện năng được xây dựng như Hình 2.1.



Hình 2.1: Lưu đồ thuật toán cho khối đo điện năng

### 3. THIẾT KẾ PHẦN CỨNG ĐO ĐIỆN NĂNG

Xây dựng sơ đồ hệ thống

Thiết bị đo điện năng gồm có một ADC có tích hợp DSP, cho phép xử lý các tín hiệu đo, tính toán các đại lượng cần thiết. Không gian tiếp được trực tiếp với ngoài vì mà phải thông qua một vi xử lý (MCU). Với cấu trúc này, các ADC được chế tạo chuyên biệt nên độ chính xác cao, thuận tiện hơn khi sử dụng, cho phép hạ được giá thành sản phẩm chế tạo. Hơn nữa, ADC đã được tích hợp các chức năng DSP trên một chip, cho đầu ra là các đại lượng cần đo, người dùng chỉ cần đọc lưu giữ bằng bộ nhớ, đưa ra hiển thị hay truyền thông theo yêu cầu. Giải pháp này cho phép có những sản phẩm nhỏ gọn, với giá thành thấp.

Thiết bị đo điện năng sử dụng phương án thiết kế dùng một ADC tích hợp với DSP của hãng Analog Device. Các số liệu được thu thập bởi một vi xử lý.

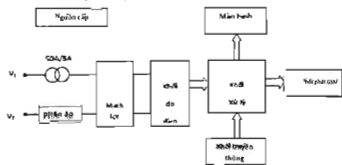
Thiết bị giao tiếp với người sử dụng qua một màn hình LCD và các phím chức năng.

Màn hình được kết nối vào ADC là một biến dòng và một biến áp.

ADC được sử dụng là AD 7755 của hãng Analog Device, đây là một IC đo điện chuyên dụng độ chính xác cao, giao tiếp đơn giản với vi xử lý qua phát xung.

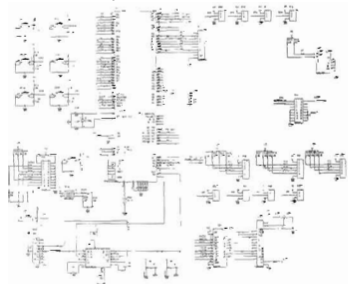
Vi xử lý sử dụng là STM32F103VET6 của hãng ST. Đây là một họ vi xử lý 32 bit có kiến trúc của ARM cortex M3 Micro-controller có tính linh hoạt cao, lập trình đơn giản, công cụ phát triển, có khả năng chống nhiễu cao, giá thành thấp.

Sơ đồ hệ thống như Hình 3.1 sau:



Hình 3.1: Sơ đồ hệ thống thiết bị đo điện năng

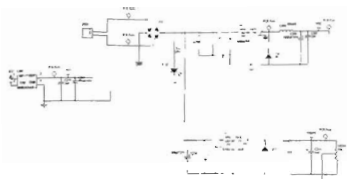
#### 3.1. Khối mạch CPU



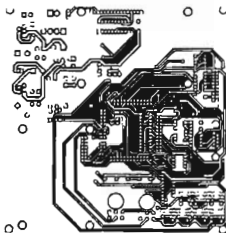
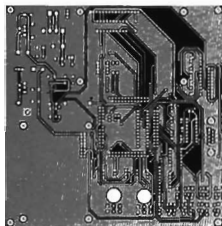
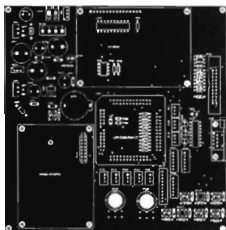
Hình 3.2: Sơ đồ nguyên lý phần CPU, truyền thông, hiển thị

Nhiệm vụ khối CPU: Khối CPU có chức năng chính trong mạch, là khối xử lý trung tâm chứa và xử lý chương trình điều khiển (Hình 3.2). Chương trình có nhiệm vụ đếm số lượng xung đo được từ mạch đo tùy thuộc vào công suất tiêu thụ của thiết bị. Từ số lượng xung vi xử lý sẽ tính toán ra công suất tiêu thụ, sau đó lưu trữ vào bộ nhớ của thiết bị. LCD sẽ hiển thị các tham số của hệ thống, các menu. Khi mô-đun phát GSM nhận được tín hiệu yêu cầu gửi dữ liệu về trung tâm, mô-đun GSM sẽ đẩy nội dung tin nhắn qua cổng UART2 của bộ vi xử lý. Từ dữ liệu này, vi xử lý sẽ gửi công suất tiêu thụ vào một tín hiệu rồi truyền qua bộ phát GSM gửi đến hệ thống thu thập dữ liệu máy tính trung tâm.

Khối nguồn của bo mạch CPU (Hình 3.3, 3.4, 3.5, 3.6) có nhiệm vụ cấp nguồn cho toàn bộ các linh kiện của mạch CPU, đầu vào mạch 12VAC qua diode cầu chỉnh lưu qua các khối lọc, các IC ổn áp nguồn sẽ tạo ra các nguồn chuẩn 5VDC, 3.3VDC, 3.7VDC lần lượt các IC số, IC vi xử lý, mạch thu phát GSM sim900.



Hình 3.3: Sơ đồ nguyên lý phần nguồn khối mạch CPU



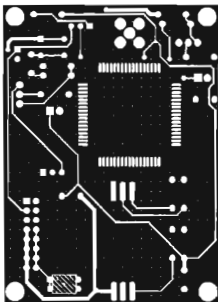
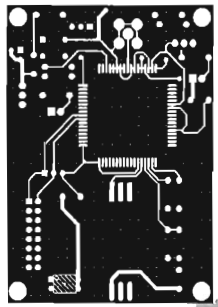
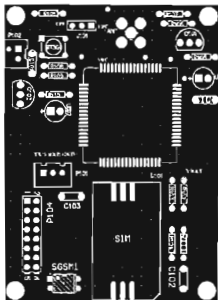
a) - Lắp linh kiện khối CPU; b) - Lắp trên mạch in khối CPU;  
c) - Lắp dưới mạch in khối CPU

Hình 3.4

**3.2. Khối mạch thu phát GSM sim900**

Mô-đun thu phát GSM sim900 (Hình 3.5) có nhiệm vụ nhận và phát dữ liệu GSM. Dữ liệu công suất tiêu thụ được

vi xử lý tính toán và lồng vào một tín hiệu, sau đó gửi qua UART2 qua tập lệnh AT gửi qua mô-đun SIM900, mô-đun SIM900 phát tín hiệu đến số điện thoại bộ thu trung tâm.

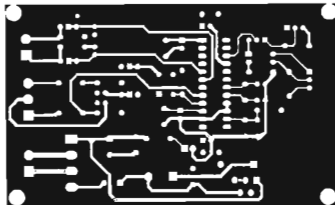
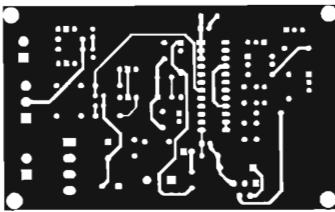
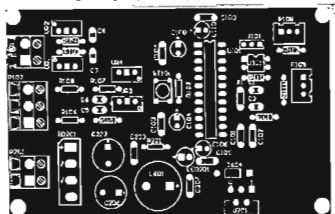


a) - Lắp linh kiện mạch in khối sim900; b) - Lắp trên;  
c) - Lắp dưới mạch in khối sim900

Hình 3.5

### 3.3 Mạch đo công suất

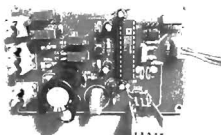
Mạch đo công suất (Hình 3.6) dùng IC chuyên dụng AD7755 có tích hợp ADC tốc độ cao và các bộ DSP, từ ngõ đo vào dòng và áp tùy thuộc vào công suất tiêu thụ sẽ cho ra số sung trong một đơn vị thời gian.



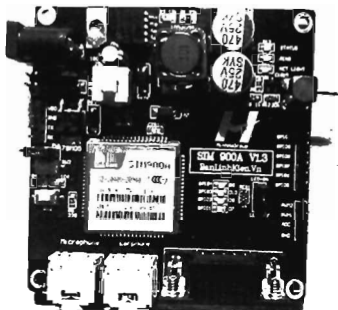
a) - Lắp linh kiện, b) - Lắp trên mạch in;  
c) - Lắp dưới mạch in khối đo công suất  
Hình 3.6

## 4. THI CÔNG HỆ THỐNG

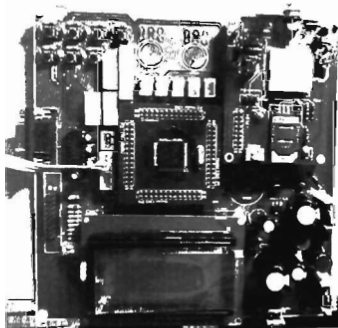
Sau khi thực hiện xong sơ đồ bo mạch ta tiến hành kiểm tra linh kiện và lắp ráp vi mạch AD7755, các biến trở, điện trở, thạch anh, tụ điện... ta được bo mạch sau khi thi công như sau:



Hình 4.1:  
Mạch đo  
điện năng



Hình 4.2: Bo mạch sim900



Hình 4.3: Bo mạch khối xử lý dữ liệu

### Board mạch khối xử lý dữ liệu:

Từ sơ đồ nguyên lý khối xử lý dữ liệu sim900 sau đó chuyển sang sơ đồ board mạch và thực hiện làm mạch in như sau: Hình 3.8: Sơ đồ bo mạch sim900.

Sau khi thực hiện xong sơ đồ bo mạch ta tiến hành kiểm tra linh kiện và lắp ráp vi mạch STM32F103VET6, lắp ráp vi mạch nguồn, vi mạch 24C256, vi mạch MAX 232, màn hình LCD, điện trở, thạch anh, tụ điện và các phím bấm... ta được bo mạch sau khi thi công như Hình 3.9.

### Tổ chức ghép nối toàn hệ thống:

Sau khi thực hiện xong các bo mạch tiến hành tổ chức ghép nối toàn hệ thống. Nguồn cấp được giảm qua biến áp cấp nguồn cho vi mạch STM32F103VET6 và vi mạch AD7755. Tín hiệu vào kênh 1, kênh 2 sẽ qua biến áp và biến dòng đưa vào khối đo điện năng (tín hiệu vào kênh dòng điện ghép nối với tải). Tín hiệu ngõ ra của khối đo điện năng sẽ đưa tới ngõ vào khối xử lý dữ liệu và hiển thị trên màn hình LCD, kết quả truyền qua mạng điện thoại di động về hệ thống máy chủ.

Sau khi ghép nối toàn hệ thống để quản lý dữ liệu đo được đã tiến hành kết nối thiết bị với máy tính qua cổng COM và cổng USB.

## 5. THỬ NGHIỆM HỆ THỐNG VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

*Thử nghiệm hệ thống:*

Để thử nghiệm hệ thống, tác giả đã kết nối với nhiều tải khác nhau với thời gian thử nghiệm là 6 phút, lần lượt tiến hành thử nghiệm với tải 100W, 200W, 600W, 1000W.

*Kết quả:* Trong 6 phút sẽ hiển thị đúng đắn các giá trị mong muốn.

*Đánh giá:*

Với kết quả thử nghiệm như trên ta thấy thiết bị cho kết quả chính xác.

Thiết bị còn hiển thị được công suất, giá tiền và lưu trữ được số điện hai tháng trước đó.

Cài đặt được giá điện năng, ngày tháng, thời gian trên thiết bị đo.

Kết nối truyền thông, quản lý, xuất hóa đơn trên máy tính.

## 6. KẾT LUẬN

Bài báo đã giải quyết được các vấn đề sau: Đã phân tích đánh giá các phương pháp đo, từ đó thiết kế phần cứng đo điện năng gồm: Khối mạch CPU, khối mạch thu phát GSM sim900, mạch đo công suất. Thiết bị được thử nghiệm với nhiều tải khác nhau 100W, 200W, 600W, 1000 W với thời gian thử nghiệm là 6 phút, các giá trị cần đo đã hiển thị đúng đắn. Đồng thời, dữ liệu được lưu trữ theo đúng thời gian thực. Thiết bị có khả năng kết nối truyền thông và xuất hóa đơn qua máy tính.

Như vậy, thiết bị đáp ứng được các tiêu chí đề ra của hệ thống trên thực tế và có thể đưa vào sử dụng và sản xuất hàng loạt với số lượng lớn.

### Tài liệu tham khảo

[1] Lê Quốc Hùng (2015), "*Ứng dụng vi điều khiển ARM CORTEX M3 thiết kế hệ thống đo và giám sát điện năng tiêu thụ*"; Luận văn Thạc sỹ, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

[2] Nguyễn Văn Hòa (2003), *Giáo trình Đo lường các đại lượng điện và không điện*, NXB. Giáo Dục.

[3] Nguyễn Ngọc Tân (2002), *Kỹ thuật đo*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật.

[4] Ngô Diên Tập (1997), *Đo lường và điều khiển bằng máy tính*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật.

[5] *Tiêu chuẩn quốc tế IEC 1036.*

[6] *Tiêu chuẩn quốc tế IEC 62053.*

[7] [Http://www.alldatasheet.com](http://www.alldatasheet.com).

[8] [Http://www.sim.com/wm](http://www.sim.com/wm).

**Ngày nhận bài: 15/02/2019**

**Ngày chấp nhận đăng: 01/3/2019**

**Người phản biện: PGS. TS. Đinh Anh Tuấn**

**TS. Nguyễn Đình Thạch**