

# GIẢI THUẬT NÂNG CAO HIỆU SUẤT PIN MẶT TRỜI VÀ ỨNG DỤNG

## ALGORITHM FOR ENHANCEMENT EFFICIENCY OF SOLAR CELL AND APPLICATION IN LIFE

Nguyễn Nhân Bôn<sup>1</sup>

Võ Nguyên Ngân<sup>2</sup>, Nguyễn Thế Vinh<sup>3</sup>

<sup>1</sup>nnbon2009@gmail.com

<sup>1,2,3</sup>Khoa Điện-Điện Tử, UTE-HCM

### TÓM TẮT

Năng lượng mặt trời là nguồn năng lượng vô tận, mục tiêu của đề tài nghiên cứu là làm sao có thể tận thu được tối đa nguồn năng lượng đó. Nước ta có vị trí địa lý gần vùng xích đạo nên năng lượng Mặt Trời chiếu xuống hằng ngày là rất lớn, chúng ta cần phát triển hệ thống thu nhận nguồn năng lượng “vĩnh cửu” này. Nghiên cứu giải thuật nâng cao hiệu suất của pin mặt trời là đề tài cần thiết giải quyết các mục tiêu được đặt ra ta cần các biện pháp như: để đảm bảo hiệu suất hấp thụ cao nhất ta cần một hệ thống “ hướng sáng” luôn xoay tấm pin theo hướng mặt trời. Để đạt hiệu suất cực đại của pin ta cần dùng hệ thống “dò tìm điểm cực đại” để tận thu hiệu suất của pin là lớn nhất. Đối với hệ thống năng lượng mặt trời có công suất lớn, thông thường sẽ được chuyển đổi thành nguồn AC và hòa vào lưới quốc gia, vì vậy không cần hệ thống dự trữ năng lượng để tiết kiệm chi phí, nhưng hệ thống mặt trời đạt được công suất đủ hòa vào lưới thì chi phí đầu tư ban đầu là rất lớn. Nghiên cứu ứng dụng trong hộ gia đình công suất nhỏ 1kW, giải quyết các vấn đề như sau: Giải thuật điều khiển dò tìm điểm công suất cực đại của Pin mặt trời; Hệ thống xoay panel theo hướng ánh sáng; Bộ converter chuyển đổi DC/DC và mạch sạc 3 giai đoạn bảo vệẮc-quy tránh quá dòng, quá áp, đấu ngược cực. Các kết quả trình bày trong bài báo này.

**Từ khóa:** Pin mặt trời, hệ thống theo dõi hướng nắng, Vi điều khiển, động cơ một chiều.

### ABSTRACT

Energy crisis is the most important issue in today's world. Conventional energy resources are not only limited but also the prime culprit for environmental pollution. Renewable energy resources are getting priorities in the whole world to lessen the dependency on conventional resources. Solar energy is rapidly gaining the focus as an important means of expanding renewable energy uses. Solar cells those convert sun's energy into electrical energy are costly and inefficient. Different mechanisms are applied to increase the efficiency of the solar cell to reduce the cost. Solar tracking system is the most appropriate technology to enhance the efficiency of the solar cells by tracking the sun. A microcontroller based design methodology of an automatic solar tracker is presented in this paper. Light dependent resistors are used as the sensors of the solar tracker. The designed tracker has precise control mechanism which will provide three ways of controlling system. A small prototype of solar tracking system is also constructed to implement the design methodology presented here.

**Keywords:** Photovoltaic cell, solar tracking, photo resistor, microcontroller, DC motor.

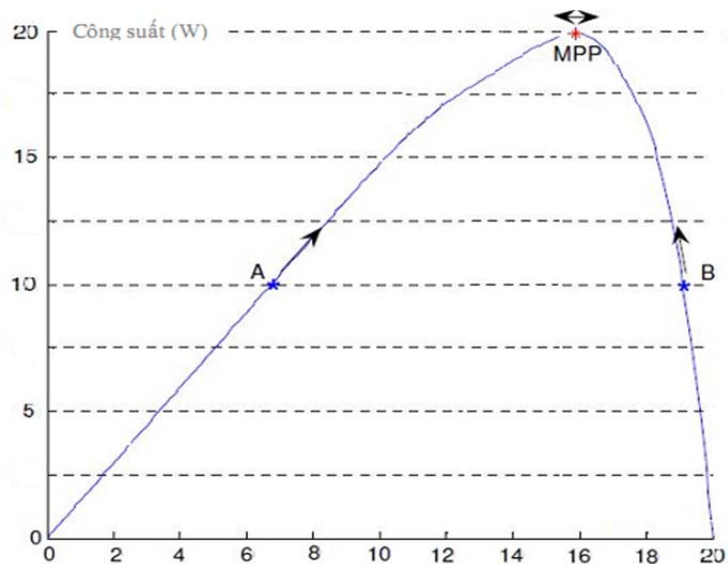
## I. GIỚI THIỆU

Năng lượng chính là nguồn sống của mỗi quốc gia. Do vậy nhu cầu sử dụng năng lượng ngày càng cao. Năng lượng là nhu cầu thiết yếu của cuộc sống. Năng lượng từ than, dầu hỏa... ngày càng cạn kiệt và khan hiếm. Thực tế, có nguồn năng lượng khác thay thế hứa hẹn tiềm năng cung cấp rất lớn đó là năng lượng hạt nhân. Nhưng việc sử dụng nguồn năng lượng này vẫn là một vấn đề tranh cãi vì sự an toàn và ảnh hưởng đến môi trường sống, gần đây nhất là vụ sóng thần tại Nhật Bản đã phá hủy nhà máy điện hạt nhân gây thiệt hại về người và kinh tế. Vì vậy năng lượng tái tạo là sự lựa chọn tốt nhất là nguồn năng lượng xanh và thân thiện với môi trường. Nguồn năng lượng tái tạo (năng lượng mặt trời) được sử dụng ở những nơi chưa có lưới điện như cung cấp điện cho vùng sâu, vùng xa, hải đảo... Năng lượng mặt trời có sẵn trong tự nhiên và vô tận do đó không sợ bị cạn kiệt như các nguồn năng lượng than đá, dầu mỏ. Những lợi ích to lớn mà nguồn năng lượng mặt trời đem lại giúp cho con người ứng dụng vào thực tiễn ngày càng rộng rãi. Nhưng chi phí đầu tư ban đầu còn lớn đó là rào cản mà năng lượng mặt trời chưa được thực sự chú ý ở nước ta, nhưng những năm gần đây được sự hỗ trợ của các tổ chức nước ngoài và các cơ quan nhà nước ta thì năng lượng mặt trời ngày càng được sử dụng nhiều. Nghiên cứu nhằm mục đích phục vụ cho việc sử dụng nguồn năng lượng mặt trời trong hộ gia đình. Trong đó, việc thực hiện biến đổi năng lượng điện quang năng thành năng lượng một chiều, đặc biệt là thiết kế hệ thống xoay tấm pin mặt trời theo hướng nắng, phương pháp dò điểm công suất cực đại quay quanh pin mặt trời và phương pháp sạc dự trữ năng lượng dễ thuận tiện cho việc sử dụng, lưu trữ. Trong bài báo này trình bày Trình bày phương pháp dựa trên vi điều khiển để lập trình dễ dàng và đơn giản. Hệ thống tự động quay tấm pin mặt trời theo hướng sáng được trình bày. Giải thuật tự động nâng cao hiệu suất pin theo hướng nắng chứng minh tính thực tế ứng dụng cao của giải thuật đề xuất.

## II. NGUYÊN LÝ LÀM VIỆC PIN MẶT TRỜI

Giải thuật P&O hay còn gọi là phương pháp “leo đồi” hiện nay đang rất phổ biến và được sử dụng rộng rãi trong thực tế vì giải thuật tương đối đơn giản và dễ thực thi. Hình 1 thể hiện mối quan hệ giữa điện áp và công suất ngõ ra (đặc tính P-V) của một bộ pin quang điện ứng với bức xạ và nhiệt độ không đổi, với giả thiết ban đầu điểm công suất của bộ pin đang ở cách xa điểm có công suất cực đại.

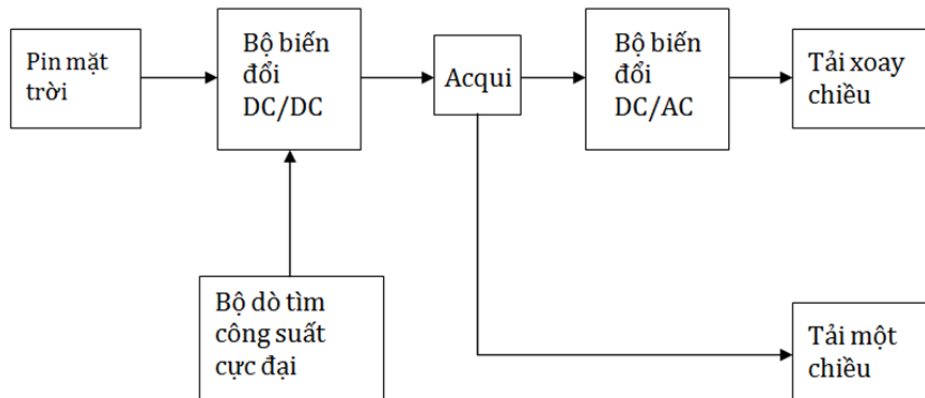
Theo giải thuật này, ban đầu điện áp sẽ được tăng một lượng nhỏ rồi quan sát sự thay đổi của công suất. Nếu công suất tăng thêm tức là điểm công suất hiện tại đang tiến gần đến điểm công suất cực đại. Lúc này, ta tiếp tục tăng điện áp để tiếp cận điểm công suất cực đại, cho đến khi thấy công suất bắt đầu giảm, tức là điểm công suất đã vượt quá khỏi điểm công suất cực đại, ta phải giảm điện áp để dịch chuyển điểm công suất theo hướng ngược lại trở về điểm công suất cực đại.



Hình 1: Đặc tính công suất-điện áp của pin

### III. KỸ THUẬT NÂNG CAO HIỆU SUẤT CỦA PIN MẶT TRỜI

MPPT (Maximum Power Point Tracker) là phương pháp dò tìm điểm làm việc có công suất tối ưu của hệ thống nguồn điện pin mặt trời qua việc điều khiển chu kỳ đóng mở khoá điện tử dùng trong bộ DC/DC. Phương pháp MPPT được sử dụng rất phổ biến trong hệ thống pin mặt trời làm việc độc lập và đang dần được áp dụng trong hệ quang điện làm việc với lưới. MPPT bản chất là thiết bị điện tử công suất ghép nối nguồn điện PV với tải để khuếch đại nguồn công suất ra khỏi nguồn pin mặt trời khi điều kiện làm việc thay đổi, và từ đó có thể nâng cao được hiệu suất làm việc của hệ. MPPT được ghép nối với bộ biến đổi DC/DC và một bộ điều khiển.



Hình 2: Bộ điều khiển MPPT trong hệ thống pin mặt trời

Bộ điều khiển MPPT có thể là bộ điều khiển tương tự truyền thống. Tuy nhiên, việc sử dụng bộ điều khiển số đang ngày càng phát triển vì nó có nhiều ưu điểm hơn bộ điều khiển tương tự. Thứ nhất là, bộ điều khiển số có thể lập trình được vì vậy khả năng thực hiện các thuật toán cao cấp sẽ dễ dàng hơn. Nó dễ dàng mã hoá biểu thức, ví dụ  $x = yxz$ , hơn là thiết kế một mạch điện tương tự để thực hiện cùng một biểu thức đó. Nhờ lý do này mà việc hiệu chỉnh ở bộ điều khiển số được thực hiện dễ dàng hơn nhiều so với bộ điều khiển tương tự. Mặt khác bộ điều khiển số không bị ảnh hưởng bởi sự thay đổi về nhiệt độ và thời gian vì bộ này hoạt động rời rạc, bên ngoài các thành phần tuyến tính. Vì vậy, bộ điều khiển số có trạng thái ổn định lâu hơn. Không chỉ có vậy, bộ điều khiển MPPT số không phụ thuộc vào dung

sai của các bộ phận khác vì nó thực hiện thuật toán ở phần mềm, nơi mà các thông số có thể được giữ ổn định hoặc thay đổi được.

Bộ điều khiển loại này cho phép giảm số lượng thành phần vì nó chỉ dùng một chip đơn để làm nhiều nhiệm vụ khác nhau. Nhiều bộ điều khiển số được trang bị thêm bộ biến đổi A/D nhiều lần và nguồn tạo xung PWM, vì vậy nó có thể điều khiển được nhiều thiết bị chỉ với một bộ điều khiển đơn lẻ. Vì những ưu điểm của bộ điều khiển số mà luận án sẽ chọn phương pháp điều khiển số cho MPPT. Việc thiết kế và mô phỏng MPPT sẽ được thực hiện với bộ vi xử lý 16F887 và các thuật toán thực hiện.

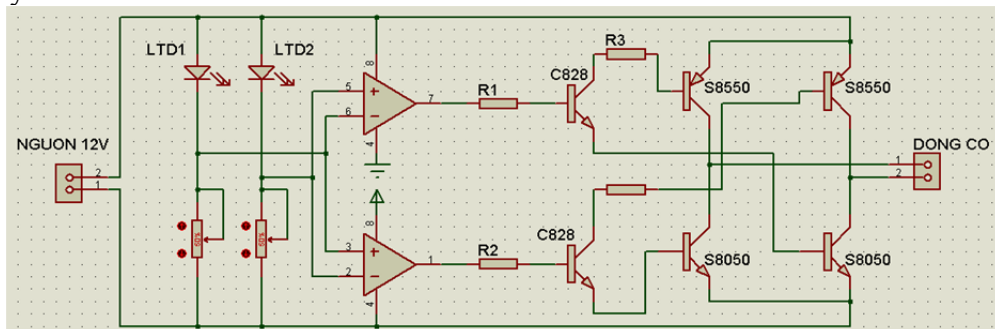
#### IV. HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN NÂNG CAO HIỆU SUẤT PIN MẶT TRỜI

Động cơ và các cơ cấu truyền động phải đảm bảo xoay tấm panel theo hướng mặt trời nhờ vào tín hiệu từ cảm biến ánh sáng. Toàn bộ hệ thống được đặt ngoài trời, nơi có nhiều nắng, gió, và chịu nhiều ảnh hưởng của thời tiết vì vậy các vật liệu chế tạo cần phải chống chịu với điều kiện khắc nghiệt đó, và bền bỉ theo thời gian.

Để nâng cao hiệu suất của pin cần có một hệ thống điều khiển để luôn xác định được hướng chiếu của ánh sáng mặt trời, từ đó mới điều khiển cho mặt phẳng của tấm pin hướng về phía vuông góc ánh sáng.

##### 1 Mạch cảm biến hướng chiếu sáng

Để có thể điều khiển động cơ xoay tấm panel luôn theo hướng mặt trời ta cần phải có một bộ cảm biến có thể phát hiện góc có cường độ chiếu sáng mạnh nhất tại mọi thời điểm trong ngày.



Hình 3: Sơ đồ nguyên lý mạch cảm biến hướng chiếu sáng

Mạch được thiết kế dựa trên nguyên lý so sánh cường độ ánh sáng tại hai cảm biến LDR (quang trở) được đặt theo hình chữ V. Khi góc chiếu sáng lệch so với phương vuông góc, 1 trong 2 LDR sẽ có điện trở khác LDR còn lại, mạch so sánh sẽ cấp tín hiệu điều khiển động cơ xoay theo hướng phù hợp cho đến khi 2 LDR có điện trở cân bằng nhau, vì vậy mạch cảm biến luôn luôn giữ cho tấm panel ở trạng thái nằm vuông góc với hướng chiếu sáng.

##### 2. Động cơ và cơ cấu truyền động

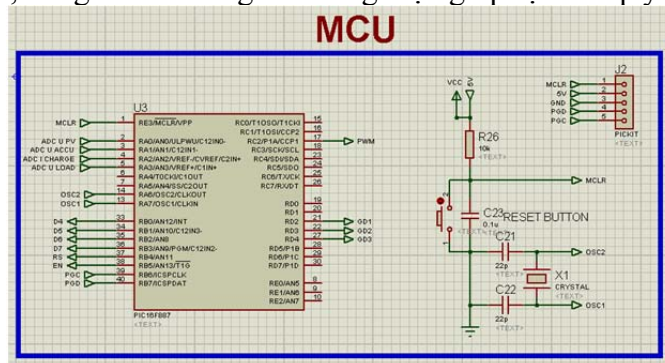
Động cơ có nhiệm vụ dẫn động cho tấm panel mặt trời xoay quanh trục thông qua cơ cấu truyền động. Như đã biết, trái đất xoay quanh trục với tốc độ rất chậm (1 vòng/ngày) còn động cơ xoay với tốc độ nhanh hơn gấp nhiều lần, do đó không thể dùng động cơ dẫn động trực tiếp cho panel được mà phải thông qua cơ cấu truyền động giảm tốc độ động cơ xuống nhiều lần. Thế nhưng, dù dùng cơ cấu truyền động giảm tốc vẫn không có hệ số giảm tốc đủ lớn để có thể quay 1 vòng/ngày. Vì vậy, động cơ phải hoạt động trong ngắn hạn, sau 1 khoảng thời gian động cơ sẽ xoay đi một góc nhờ vào tín hiệu điều khiển từ cảm biến hướng chiếu sáng.

Động cơ dùng cho mô hình là động cơ điện DC 12V, phù hợp với điện áp từ Ắc-quy và điện áp từ panel mặt trời. Động cơ có tốc độ quay vào khoảng 3000rpm, và để giảm tốc sơ cấp cho động cơ với hệ số giảm tốc là 120 lần. Với vận tốc quay đã qua bộ giảm tốc sơ cấp vẫn còn giá trị lớn, mô hình cần hệ thống truyền động lên tấm panel có tốc độ nhỏ hơn và momen lớn hơn. Vì vậy, cần phải có thêm cơ cấu bánh răng giảm tốc và tăng momen lên.

Sau khi qua toàn bộ cơ cấu giảm tốc, vận tốc quay của panel đã giảm đáng kể, và kết hợp với sự điều khiển từ cảm biến, tấm panel có thể xoay quanh trục theo hướng chiếu sáng tại mọi thời điểm.

### 3. Hệ thống dò tìm điểm công suất cực đại

Theo thuật toán P&O, điện áp sẽ liên tục thay đổi (tăng hoặc giảm) một lượng nhỏ sau đó sẽ quan sát sự dịch chuyển của điểm công suất. Nếu điểm công suất dịch chuyển theo hướng khả quan thì thuật toán sẽ tiếp tục tăng (hoặc giảm) áp cho đến khi điểm công suất đạt cực đại. Trong thiết kế hệ thống dò tìm công suất cực đại ở nghiên cứu này, do tính chất tải là Ắc-quy và có áp ổn định ở mức thấp hơn điểm cực đại công suất của pin mặt trời nên mạch điện được thiết kế sẽ gồm một mạch giảm áp (Mạch Buck) để áp ra phù hợp với Ắc-quy. Theo định luật bảo toàn năng lượng, công suất ngõ vào và ngõ ra là tương đương nhau, nếu bỏ qua tổn thất trên mạch Buck. Sau khi qua hệ thống mạch Buck, áp tại ngõ ra sẽ có giá trị thấp hơn so với áp ngõ vào, đồng thời sẽ nâng cao dòng điện giúp sạc Ắc-quy nhanh đầy hơn.

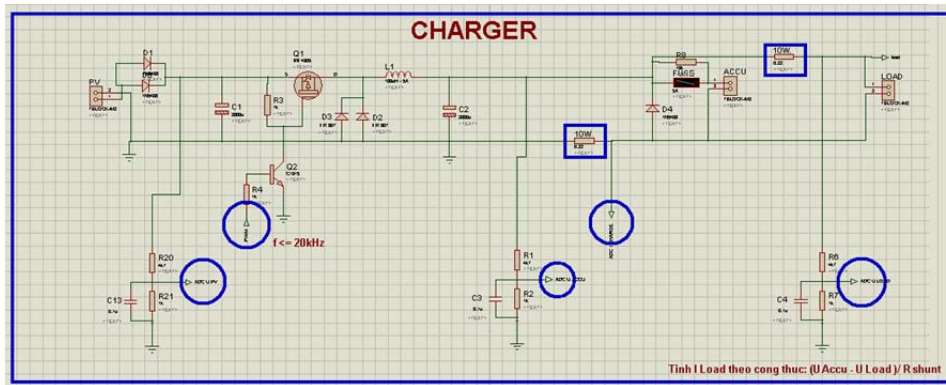


Hình 4: Sơ đồ nguyên lý mạch dò tìm công suất cực đại

Hệ thống dò tìm điểm cực đại nhờ vào bộ Vi điều khiển 16F887 xử lý tín hiệu từ Analog của vi điều khiển đo áp của PV và ACCU. Vi điều khiển sẽ liên tục thay đổi các chu kỳ của độ rộng xung PWM1 (CCP1 của vi điều khiển) kích Mosfet để thay đổi hệ số giảm áp, trong quá trình thay đổi vi điều khiển luôn cập nhật giá trị dòng điện đưa về từ Analog và sẽ chọn ra chu kỳ xung kích sao cho dòng sạc Ắc-quy là lớn nhất. Ở hệ thống này, năng lượng được lưu trữ tại Ắc-quy vì thế công suất sẽ đạt cực đại khi dòng sạc là lớn nhất (do điện áp Ắc-quy khá ổn định).

### 4. Mạch sạc Ắc-quy 3 giai đoạn

Các quá trình trong phương pháp sạc 3 giai đoạn: Đầu tiên sẽ nạp Ắc-quy với dòng không đổi cho đến khi đạt đến điện áp 14,4V (giai đoạn 1). Sau đó giữ nguyên giá trị điện áp này, vì vậy dòng điện giảm dần cho đến giá trị bằng 1/4 giá trị cực đại (giai đoạn 2). Lúc này Ắc-quy sẽ được nạp khoảng 90% dung lượng. Đến giai đoạn tiếp theo, điện áp nạp tự động giảm xuống và giữ ở điện áp nổi là 13,8V (giai đoạn 3). Khi đó, Ắc-quy sẽ từ từ được khôi phục 10% dung lượng còn lại. Như vậy toàn bộ dung lượng Ắc-quy sẽ được khôi phục nhanh chóng và an toàn.



Hình 5: Sơ đồ nguyên lý mạch sạc Ắc-quy

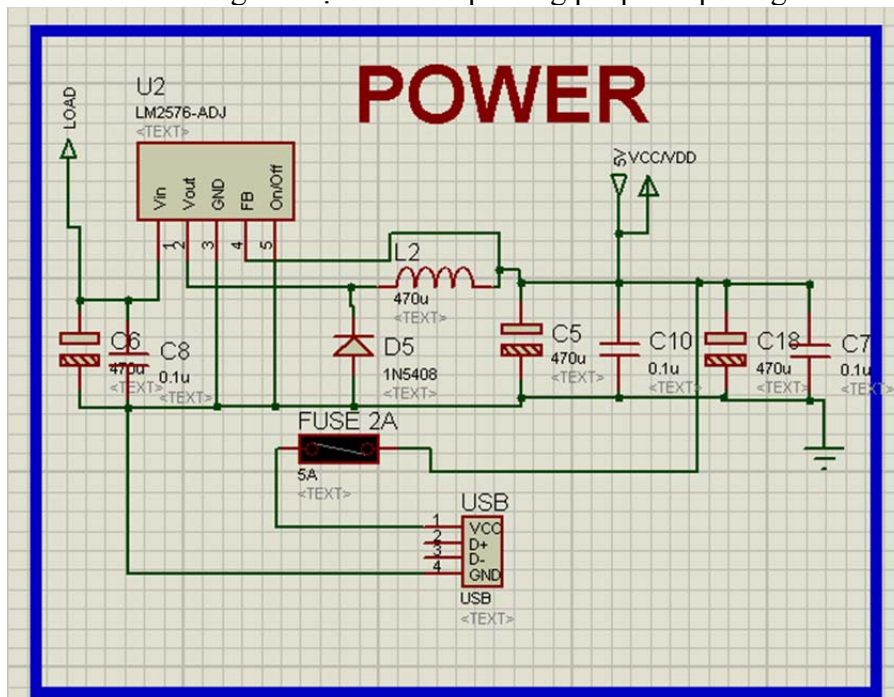
Với thiết kế mạch điện như trên ta cần các linh kiện chính như: IFR4905 với ưu điểm chịu được dòng lên 74A giúp cho mạch hoạt động ổn định và không bị nóng. Ngoài ra còn có một số linh kiện thông dụng khác như cuộn dây, điện trở, tụ điện, diode, LED, ...

### 5. Mạch ổn áp xung

Mô hình pin năng lượng mặt trời được thiết kế với công suất nhỏ phù hợp với các thiết bị tiêu thụ năng lượng thấp, đặc biệt là các thiết bị di động, hoặc dùng cho trường hợp chiếu sáng khẩn cấp, thay thế cho điện lưới khi cúp điện hoặc những khu vực không có điện lưới. Với các tiêu chí nêu trên, hệ thống cần cung cấp nguồn điện ổn định phù hợp với thiết bị tiêu thụ như 5VDC, 12VDC, 220VAC.

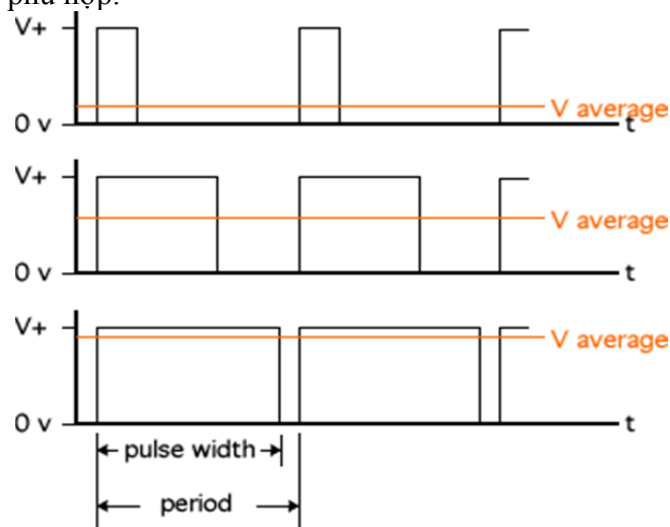
Với các thiết bị như đèn chiếu sáng thường dùng nguồn 12VDC có thể lấy trực tiếp từ Ắc-quy, hoặc các thiết bị dùng nguồn 220VAC có thể dùng nguồn 12VDC thông qua Inverter. Với thiết bị tiêu thụ điện áp thấp như thiết bị di động, các loại đèn sạc công suất nhỏ, ... thường sử dụng nguồn điện 5VDC từ cổng nguồn USB.

Nguồn 5VDC có thể tạo ra được từ nhiều cách khác nhau như ổn áp tuyến tính dùng LM7805 nhưng hiệu suất khá thấp, dòng điện có thể tải tối đa chỉ 1A và rất nóng vì vậy sẽ gây lãng phí lớn. Đối với phương pháp ổn áp xung, hiệu suất được đẩy lên rất cao và hầu như rất ít nóng khi hoạt động. Dòng điện tải có thể rất lớn khi chọn các linh kiện phù hợp. Ví dụ như IC LM2576 có thể tải dòng liên tục 3A theo phương pháp ổn áp xung.



Hình 6: Sơ đồ nguyên lý mạch ổn áp xung

Khi hoạt động giảm áp theo kiểu PWM, mạch điện sẽ tạo ra tần số đóng cắt rất cao, vì vậy cần dùng các linh kiện phù hợp như Diode schottky, cuộn cảm có khả năng chịu dòng tải và có giá trị điện cảm phù hợp.

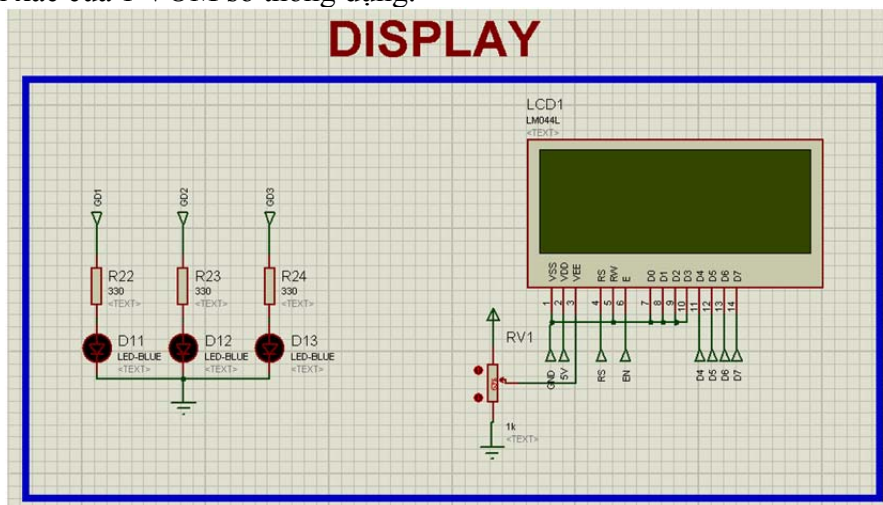


Hình 7: Giản đồ xung PWM

### 6. Mạch hiển thị áp và dòng

Đối với hầu hết các thiết bị điện, đặc biệt là thiết bị lưu trữ, cung cấp năng lượng đều cần các cơ cấu chỉ thị các giá trị về điện áp, dòng điện, công suất... các cơ cấu hiển thị giúp cho người vận hành dễ dàng hơn trong việc giám sát, vận hành thiết bị. Với mô hình cung cấp năng lượng từ panel mặt trời, sự có mặt của các cơ cấu hiển thị là điều cần thiết để người vận hành giám sát được mức năng lượng được lưu trữ trong quá trình hệ thống hoạt động. Các cơ cấu hiển thị hiện này có nhiều dạng như cơ cấu hiển thị cơ học (đồng hồ kim), hoặc cơ cấu hiển thị điện tử (đồng hồ số)... và trong số đó, cơ cấu hiển thị điện tử nhanh và chính xác hơn các cơ cấu khác. Vì vậy, trong mô hình này sẽ được tích hợp các cơ cấu hiển thị số về các đại lượng như: Áp ngõ vào, áp ngõ ra, dòng ngõ vào, dòng ngõ ra...

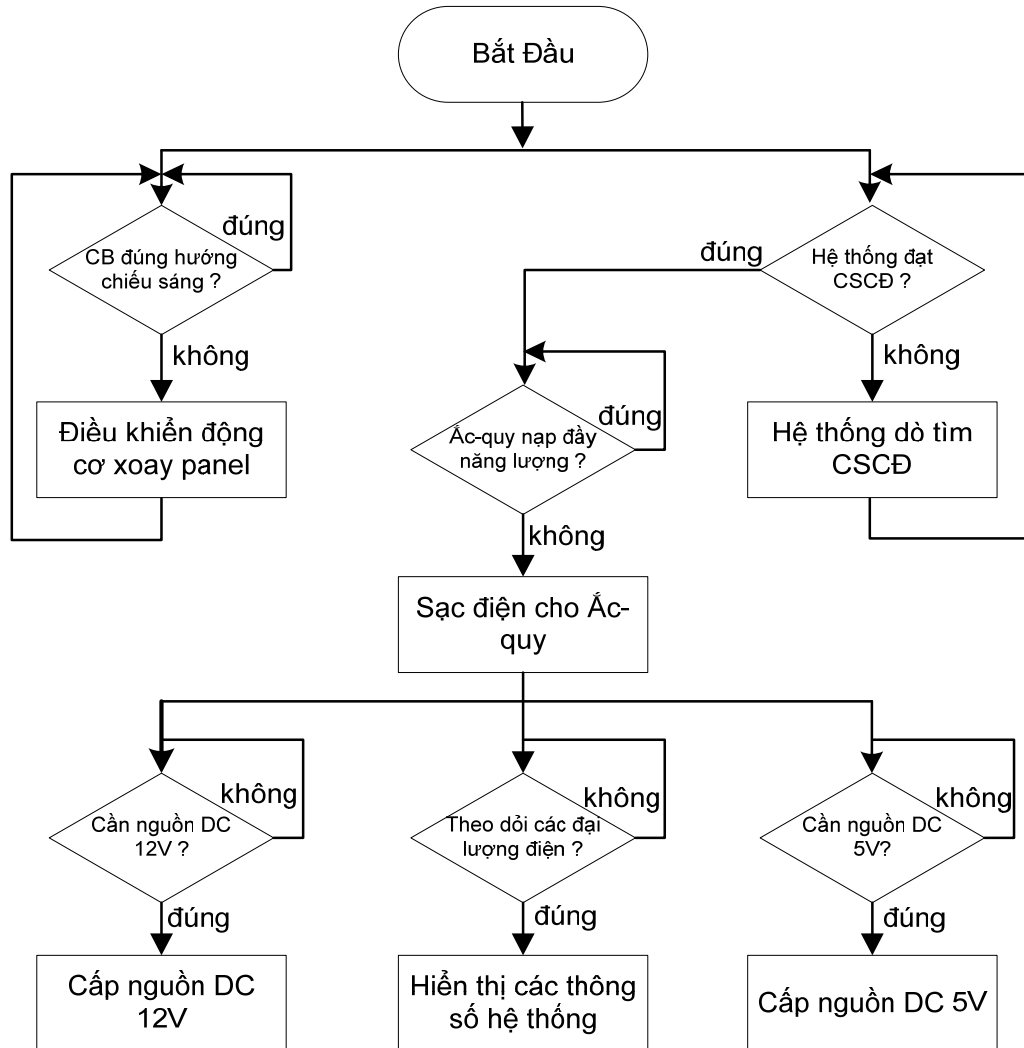
Để tiết kiệm chi phí mà không làm ảnh hưởng đến sự chính xác của các cơ cấu hiển thị, em có nghiên cứu, thiết kế và thi công các cơ cấu hiển thị số dùng màn hình LCD16x2(xem chi tiết tại phụ lục C) hiển thị trên màn hình, và được hiệu chỉnh để đo các đại lượng áp, dòng theo sự chính xác của 1 VOM số thông dụng.



Hình 8: Sơ đồ nguyên lý mạch hiển thị trên LCD

## 7. Lưu đồ giải thuật cho hệ thống

Hệ thống sử dụng các hệ thống điều khiển tự động nhờ vào cảm biến, vào các chương trình, thuật toán... để có thể tự động xoay theo hướng ánh sáng và dò tìm điểm công suất cực đại. Ta có lưu đồ tổng quan của toàn hệ thống như sau:



Hình 9: Lưu đồ thuật toán điều khiển

Nhánh dò điểm công suất cực đại bằng thuật toán

Bước 1: Kiểm tra hệ thống đạt công suất cực đại chưa?

-Nếu hệ thống chưa đạt cực đại dò tìm điểm công suất cực đại bằng thuật toán

-Nếu hệ thống đạt điểm công suất cực đại qua bước 2

Bước 2: Kiểm tra Ắc-quy nạp đầy năng lượng chưa?

-Nếu đúng thì không làm gì cả

-Nếu sai thì sạc điện cho Ắc-quy. Sạc điện cho Ắc-quy kiểm tra 3 điều kiện sau

Bước 2.1: Kiểm tra có cần nguồn DC 12V không?

-Nếu không cần nguồn 12VDC thì không cấp nguồn

-Nếu cần thì cấp nguồn 12VDC cho tải

Bước 2.2: Kiểm tra các đại lượng điện?

-Nếu không cần theo dõi các đại lượng điện thì không cần cấp nguồn

-Nếu cần theo dõi thì hiển thị các thông số của hệ thống

Bước 2.3: kiểm tra có cần nguồn DC 5V không?



-Nếu không cần thì không cấp nguồn 5VDC

-Nếu cần thì cấp nguồn DC 5V cho tải

Nhánh kiểm tra tấm pin mặt trời có đúng hướng chiếu sáng không

-Đầu tiêu kiểm tra cảm biến có đúng hướng chiếu sáng không?

+Nếu đúng thì động cơ không cần xoay tấm pin mặt trời theo hướng ánh sáng

+Nếu cảm biến không đúng hướng chiếu sáng thì phải so sánh 2 quang trở coi con nào có giá điện trở lớn hơn gửi tín hiệu điều khiển động cơ xoay tấm pin theo hướng có ánh sáng nhiều

## **V. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ**

Mô hình đã hoạt động tốt và đúng với yêu cầu đặt ra từ đầu, có thể nâng cao hiệu suất panel mặt trời tại mọi thời điểm. Mô hình có giá không quá đắt và có thể ứng dụng tại nhiều nơi, có thể làm nguồn cung cấp điện cho những hộ gia đình tại khu vực chưa phát triển điện lưới, hoặc làm nguồn cung cấp dự phòng khi cúp điện. Hướng phát triển tiếp theo:

- Ứng pin mặt trời vào mô hình có công suất lớn hơn trong đời sống.

- Làm bộ nghịch lưu một pha để ứng dụng được nhiều hơn xài cho tải xoay chiều

- Thiết kế bộ khung xoay bằng inox bền bỉ hơn theo thời gian

- Tiếp tục phát triển và ứng dụng các giải thuật dò tìm điểm công suất cực đại để nhanh chóng bám sát điểm cực đại và ổn định

- Ứng dụng vào mô hình năng lượng mặt trời lớn, từ đó có thể kết nối với lưới điện.

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[1] O. Bingol, A. Altinta, and Y. Oner, "Microcontroller based solar-tracking system and its implementation," *Journal of Engineering Sciences*, vol. 12, pp. 243–248, 2006.

[2] R. U. Rahman, D. I. Ahmed, M. A. Fahmi, T. Tasnuva, M. F. Khan, "Performance Enhancement of PV solar system by Diffused Reflection," *Intl. Conf. on the Developments in Renewable Energy Technology*, pp. 96-99, December, 2009.

[3] Đặng Đình Thống (2008), *Pin Mặt Trời Và Ứng Dụng*, Nhà Xuất Bản Khoa Học Kỹ Thuật, 152 trang.

## **Thông tin liên hệ tác giả chính:**

**Họ và tên: Nguyễn Nhân Bôn**

**Đơn vị: BM Điện Công Nghiệp, khoa Điện – Điện Tử, ĐH Sư Phạm Kỹ Thuật TPHCM**

**Điện thoại: 090387443**

**Email: nnbon2009@gmail.com**

**Hướng Nghiên cứu chính: Hệ Thống Điện, Năng lượng tái tạo, chất lượng điện năng, Hệ thống Scada**