

# HỆ TRACKING NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI CHO XE TỰ HÀNH SOLAR TRACKING SYSTEM FOR SELF-PROPELLED VEHICLE

Nguyễn Phan Anh Quốc  
ĐH Sư phạm Kỹ thuật TP. HCM

Nguyễn Văn Hiếu  
ĐH Khoa học Tự nhiên – ĐHQG TP. HCM

## TÓM TẮT

Báo cáo này thực hiện việc thiết kế hệ thống Solar Tracking hướng tới các ứng dụng cho những tấm pano pin năng lượng mặt trời cố định hoặc các xe tự hành có hệ tracking năng lượng mặt trời. Hệ thống solar tracking là hệ thống điều khiển tấm pin mặt trời xoay theo hướng ánh sáng, nhằm giảm thiểu góc tới giữa tia nắng và pháp tuyến của tấm pin. Điều này làm tăng khả năng chuyển đổi quang – điện hơn so với tấm pin đặt cố định.

Một hệ tracking 2 trục được thực hiện bởi 2 động cơ bước kiểu lưỡng cực thông qua cơ cấu truyền lực trục vít, bánh răng. Linh kiện IC L297 và L298 được sử dụng điều khiển động cơ. Tín hiệu điều khiển được thực hiện bởi vi điều khiển PIC 18F4550 nhằm xử lý các dữ liệu điện áp được gửi từ các cảm biến ánh sáng (LDR) và từ tấm pin. Các kết quả cho thấy khả năng nạp điện cho accu của tấm pin có tracking cao hơn tấm pin cố định. Chúng tôi cũng so sánh với các hệ tracking đã công bố để khẳng định tính khả thi của kết quả nghiên cứu.

**Từ khóa:** Tấm pin mặt trời, tracking, 2 trục (2-axis), cảm biến ánh sáng.

## ABSTRACT

This work will report on the design of solar tracking system in view of the application of solar panels and solar car with tracking solar panel. Tracking solar equipment is an Electro Mechanic System that drives the solar panel toward the sun. It can be reduced to the minimum of angle between the light ray and the normal of solar panel. Consequently, the effect of photo-electric transformation of tracking solar system will be higher than static solar panel.

The two axes tracking solar system was operated by the two bipolar step motors with the mechanism of transfer force of screws and bevel gears. The electronic devices of IC L297 and L298 were applied to drive the motors. The control signals were done by the micro processor of PIC 18F4550 to process the voltage levels which obtained from light dependent resistors (LDR) and solar cell panels. The measurement data demonstrated the capacity of charge for accumulator from solar tracking panel was better than the normal solar panel. The comparison with other solar tracking systems was done to affirm the feasibility of our studies in this solar tracking work.

**Keyword:** Solar panel, tracking, 2-axes, light sensor.

## 1. GIỚI THIỆU

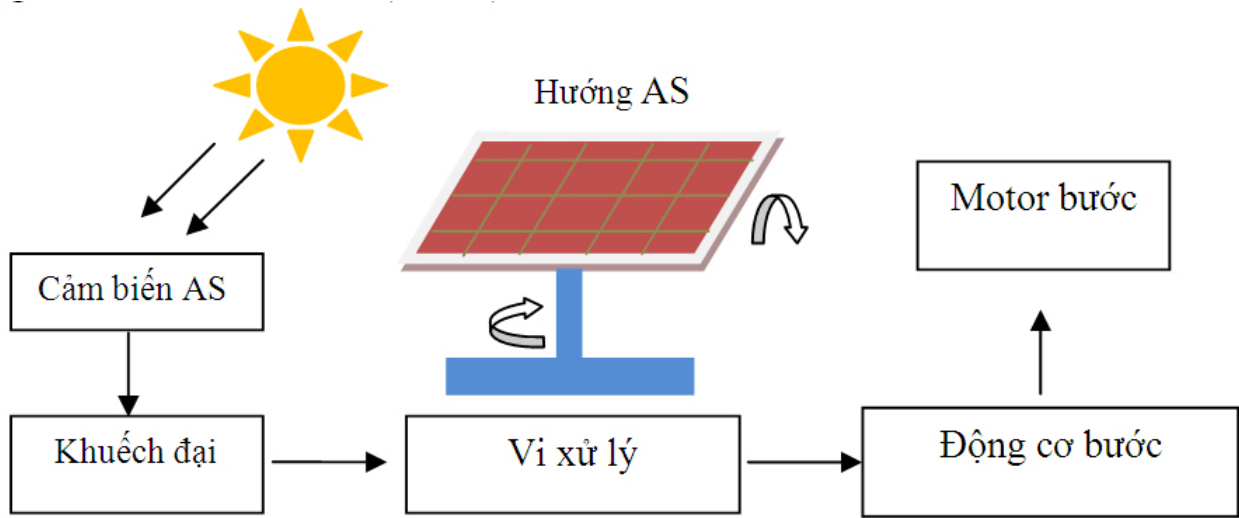
Xe tự hành là thiết bị thám hiểm tự động được thiết kế để có thể di chuyển trên bề mặt thiên thể mục tiêu, thực hiện các nhiệm vụ: quay phim, chụp ảnh bề mặt, thu thập và phân tích các mẫu đất đá. Xe tự hành hoạt động dựa trên tín hiệu điều khiển từ Trái đất và các chương trình được cài đặt sẵn. Tính đến nay, xe tự hành đã hoạt động trên 2 thiên thể trong hệ Mặt Trời, đó là Mặt trăng và Sao hỏa [1]. Năng lượng sử dụng là năng lượng mặt trời kết hợp với pin trong xe. Để

xe tự hành thực hiện nhiều tác vụ hơn, thời gian hoạt động lâu hơn thì đòi hỏi năng lượng cung cấp phải lớn hơn.

Về lĩnh vực nghiên cứu robot tránh vật cản đã có một số công trình nghiên cứu và ứng dụng trong nước [2-5] và các tài liệu hướng dẫn sử dụng mô phỏng của nước ngoài [6-10]. Tuy nhiên, các công trình về hệ tự điều chỉnh ánh sáng để nạp được năng lượng mặt trời cao nhất thì chưa nhiều và cần nhiều nghiên cứu tiếp [11].

Nhiều giải pháp được biết đến [12], trong đó điều khiển tấm pin mặt trời xoay để tạo ra năng lượng tối đa là một giải pháp khả thi. Hệ điều khiển tấm pin như vậy gọi là Hệ Tracking năng

lượng mặt trời (Solar Tracking System-STS). Có nhiều kiểu STS, bài báo này tập trung giới thiệu STS 2-axis (2 trục). Hình 2 mô tả sơ đồ khối STS 2-axis.



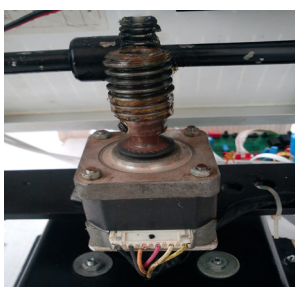
**Hình 1.** Sơ đồ khối STS 2-axis quay 2 trục để nhận ánh sáng cực đại theo hướng mặt trời.

Chúng tôi thiết kế hệ thống tự điều chỉnh nạp NLMT (solar tracking) hướng tới các ứng dụng cho những tấm pano pin năng lượng mặt trời cố định hoặc các xe tự hành có hệ tracking năng lượng mặt trời. Hệ thống solar tracking là hệ thống điều khiển tấm pin mặt trời xoay theo hướng ánh sáng, nhằm giảm thiểu góc tới giữa tia nắng và pháp tuyến của tấm pin. Điều này làm tăng khả năng chuyển đổi quang – điện hơn so với tấm pin đặt cố định. Sử dụng cảm biến ánh sáng để xác định điện thế nạp các hướng khác nhau, vi xử lý sẽ so sánh và điều khiển motor quay để dò tìm hướng có ánh sáng chính diện và nạp điện vào accu.

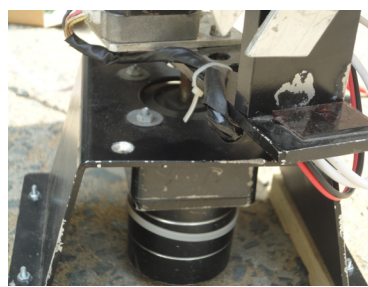
## 2. THIẾT KẾ MẠCH VÀ ĐIỀU KHIỂN

### 2.1. Hệ cơ khí chuyển động

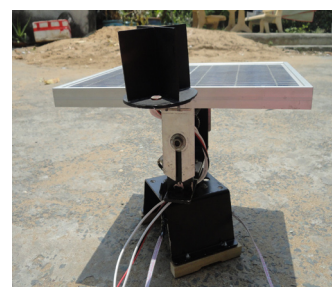
Hệ solar tracking được thiết kế kết cấu cơ khí bằng nhôm, khung trên có kích thước 290x350mm để gá lắp tấm pin 12V-10W, như hình 1. Hai động cơ được lắp đồng trục, động cơ dưới điều khiển theo phương ngang, động cơ trên điều khiển theo phương dọc, tỉ số truyền 1:7. Có giới hạn hành trình để tấm pin xoay theo phương dọc với góc từ 45° - 135° và theo phương ngang từ 0° - 360°.



(a)



(b)



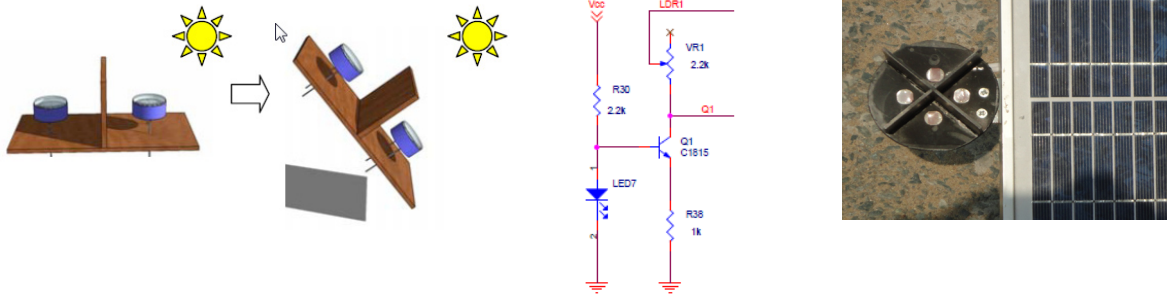
(c)

**Hình 2.** Cơ khí của hệ tracking năng lượng mặt trời của đề tài: (a), động cơ 1, (b), động cơ 2 và (c), hệ cơ khí hoàn chỉnh [13].

## 2.2. Cảm biến ánh sáng

Có nhiều loại cảm biến ánh sáng (Light Sensors). Đơn giản nhất là quang trở (LDR), tức điện trở thay đổi theo ánh sáng, được làm từ

Cadmium Sulfide (CdS) hoặc Gallium Arsenide (GaAs). Loại phức tạp hơn là photodiode và phototransistor [11].



**Hình 3.** Cảm biến cho hệ solar tracking: (a) nguyên lý hoạt động cảm biến LDR, (b) mạch ổn dòng cho quang trở, (c) 4 hướng đặt quang trở đặt trong hệ solar tracking và tấm pin.

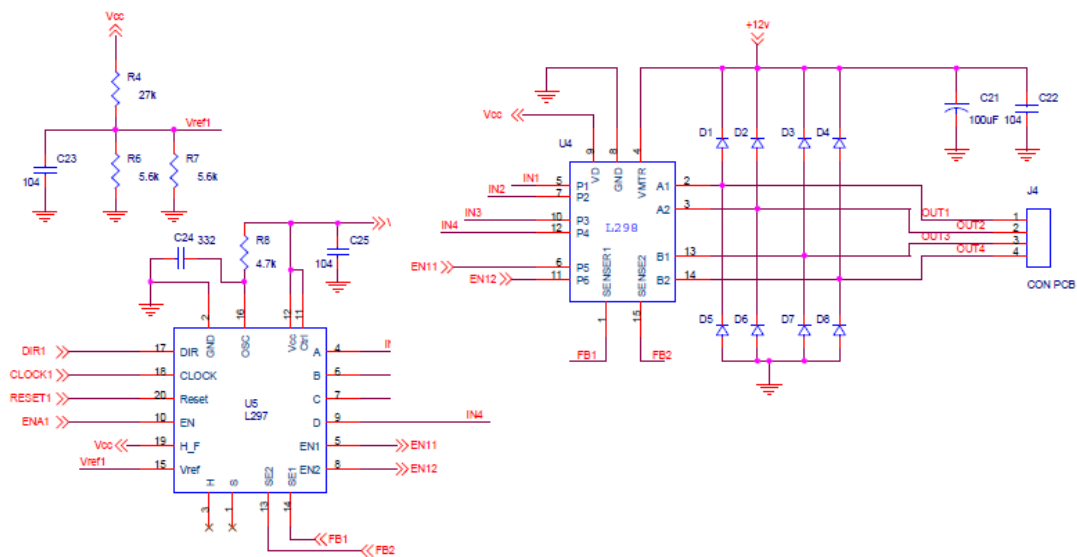
Trong thiết kế này, chúng tôi chọn quang trở loại CdS vì chi phí thấp, dễ thiết kế. Bốn quang trở được bố trí theo hướng Đông (E) – Tây (W) – Nam (S) – Bắc (N). Giữa 2 cảm biến là vách ngăn. Khi ánh sáng chiếu thẳng góc, hai tín hiệu từ hai cảm biến bằng nhau, động cơ không xoay. Cho đến khi hướng ánh sáng thay đổi, hai tín hiệu khác nhau, động cơ được điều khiển xoay theo hướng làm cho panel thẳng góc hướng ánh sáng (hình 3).

Op-amp 1 làm nhiệm vụ như mạch ổn định dòng điện, khi cường độ sáng thay đổi, điện áp

tại cực C của Q1 thay đổi. Tín hiệu này được Op-amp thứ 2 khuếch đại trước khi đưa đến chân ADC của vi điều khiển như trong hình 3b.

## 2.3. Động cơ bước và mạch điều khiển

Hai trục có thể được điều khiển bởi động cơ DC, DC servo hoặc động cơ bước với những ưu điểm của nó [14]: không đánh lửa, tạo mômen giữ, điều khiển vị trí theo dòng hở và quan trọng là tốc độ quay của rotor không phụ thuộc vào tải



**Hình 4.** Mạch điều khiển động cơ quay theo hướng của ánh sáng.

Có 3 loại động cơ bước: loại nam châm vĩnh cửu, biến từ trở và động cơ bước lai (hybrid). Mỗi loại có cách phân bố dây trên stator khác nhau. Động cơ nam châm vĩnh cửu có 03 loại: đơn cực, lưỡng cực và nhiều pha. Với thiết kế này, chúng tôi chọn hai động cơ bước loại lưỡng cực (bipolar), 12V, 200 bước. Loại này cấu tạo đơn giản, moment lớn hơn 30% so với loại đơn cực cùng kích thước. Nhưng điều khiển phức tạp vì phải đảo chiều dòng điện qua cuộn dây, cần sử dụng hai cầu H.

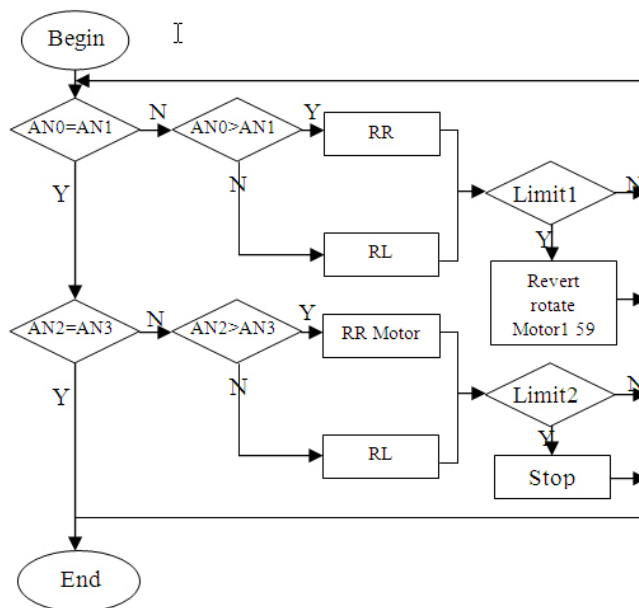
Tuy nhiên, với IC chuyên dụng thì khó khăn trên được khắc phục. IC L298 tích hợp hai cầu H bên trong, điều khiển dòng qua động cơ 2A, với có khả năng bảo vệ quá tải. Mạch chi tiết trong hình 4.

### 2.4. Vi điều khiển.

Với mạch điều khiển cho Hệ solar tracking thì vi điều khiển được xem như trái tim của hệ. Mọi tín hiệu từ cảm biến, công tắc hành trình đưa và vi điều khiển để xử lý, cuối cùng xuất ra 4 tín hiệu điều khiển động cơ bước làm quay tám pin đến vị trí thích hợp. PIC 18F4550 được chọn vì thỏa mãn được các yêu cầu sau: 13 ngõ vào ADC (sử dụng 2 ngõ) và ngõ ra điều khiển động cơ bước.

### 2.5. Thuật toán điều khiển

Hệ solar tracking đã thiết kế hoạt động ở hai chế độ: bằng tay (manual) và tự động (automatic). Nguyên tắc điều khiển động cơ của hai chế độ là như nhau. Tuy nhiên tín hiệu ngõ vào xử lý là khác nhau. Với chế độ bằng tay, các nút nhấn là dữ liệu ngõ vào. Chế độ tự động, ngõ vào là tín hiệu từ cảm biến và điện áp tám pin.



Hình 5. Lưu đồ giải thuật chương trình dò vị trí ban đầu.

Nhằm tránh trường hợp xoắn dây cấp nguồn và dây tín hiệu, hai trục của hệ tracking được giới hạn bằng phần mềm. Trục 1 (nối với động cơ 1) xoay tám pin theo hướng đông – tây tổng cộng 24 bước, mỗi bước 5.4 độ. Điểm giới hạn khi tám pin hợp với phương ngang một góc 65 độ. Trục 2 (nối với động cơ 2) quay 1 vòng, tổng cộng 60 bước và mỗi bước 3.0 độ. Khi tới hạn,

động cơ ngừng hoặc xoay theo chiều ngược lại.

Tùy thuộc ứng dụng hệ tracking động hay tĩnh, giải thuật có điểm khác nhau. Đó là sau khi dò vị trí ban đầu, hệ tracking tĩnh chỉ cần dò vị trí mặt trời từ động sang tây, còn tracking động dò theo cả hướng di chuyển của hệ. Như vậy, với giải thuật tracking động thì dùng được cho tracking tĩnh.

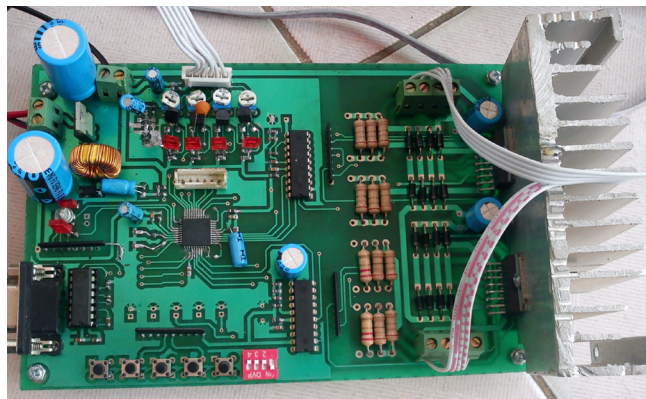
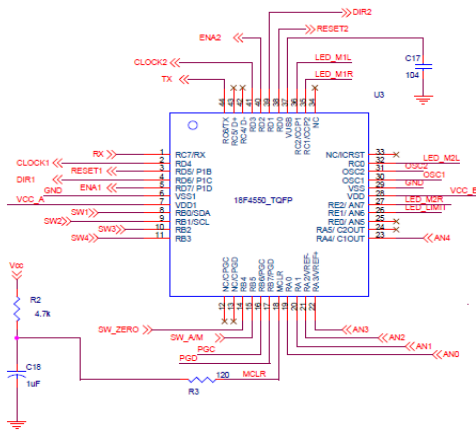
Các ngõ vào analog, bao gồm 04 dữ liệu từ cảm biến ánh sáng AN0, AN1, AN2, AN3, tín hiệu tám pin AN4. Bốn nút nhấn M1-M4 điều khiển động cơ bằng tay; M5 set vị trí ban đầu; SW1 chọn chế độ hoạt động. Hai động cơ motor1, motor2.

### 2.6. Mạch điều khiển trung tâm

Mạch điều khiển trung tâm tiếp nhận và xử lý tín hiệu từ bộ cảm biến, xuất ra tín hiệu điều khiển động cơ. Vì vậy cần lựa chọn chip phù hợp để thực hiện các chức năng trên.

PIC18F4550 là một vi xử lý cơ bản đa chức năng và rẻ. Nó là sản phẩm của họ vi xử lý PIC thông dụng (Công ty Microchip, Arizona, Mỹ). Với bộ nhớ, có 32kB Flash lưu trữ chương trình, 2kB bộ nhớ SRAM bay hơi và 256 byte EEPROM để lưu trữ dài hạn dữ liệu.

Các đặc tính đáng chú ý khác là có đồng hồ, ngắt (đồng hồ gắn trong và gắn ngoài) với hai mức ưu tiên và dùng cả hai mức như bộ so sánh tương tự kèm theo với bộ phát điện thế chuẩn có 16 mức (hữu ích khi dùng trigger ở mức phân cứng). Đặc biệt PIC18F4550 cũng có một bộ chuyển đổi tương tự - số 10 bit.



Hình 6. Mạch điều khiển tracking (a) vi xử lý PIC18F4550 và (b) mạch hoàn chỉnh [13].

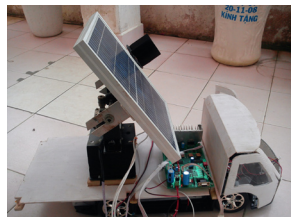
## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN



(a)



(b)



(c)

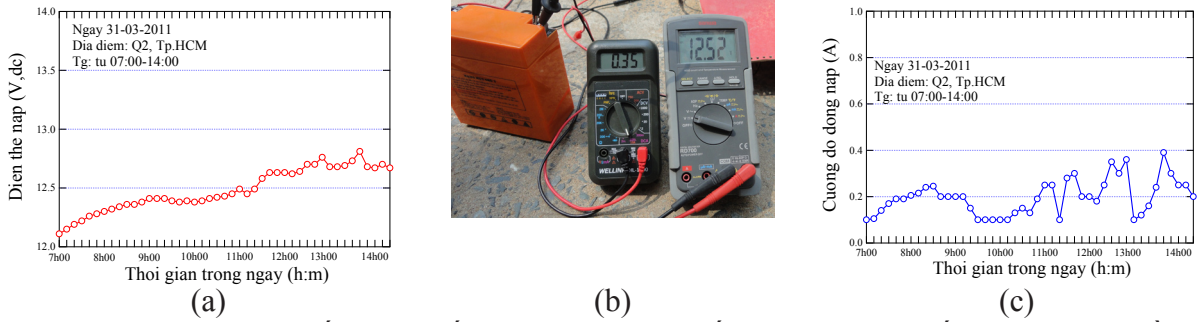


(d)

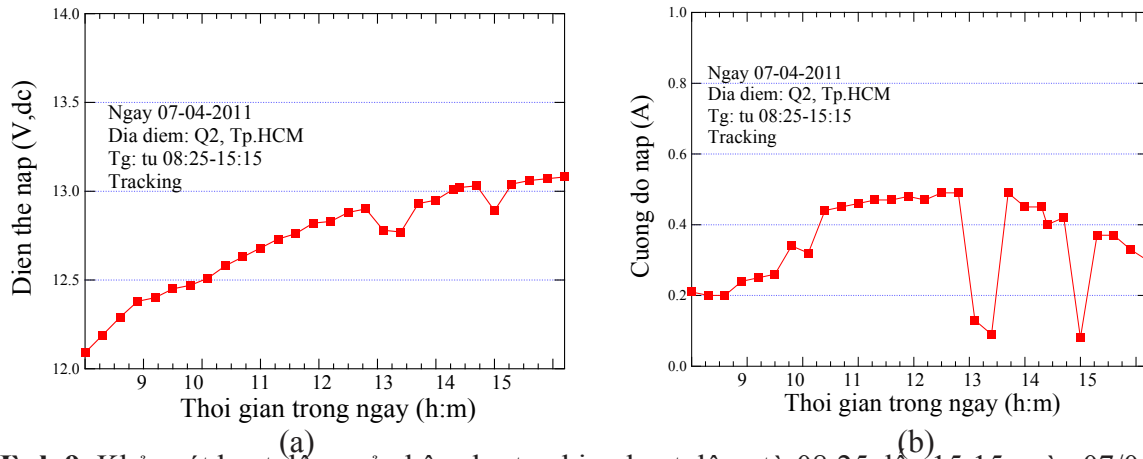
Hình 7. Các vị trí tấm pin khi xe di chuyển: (a) quay sang trái, (b) sang phải, (c) phía trước và (d) quay ra sau tại Trường Đại học KHTN [13].

Hệ được thiết chế và chế tạo khá hoàn chỉnh từ các mạch điện tử đến cơ khí và hệ thống điều khiển xe chở hệ solar tracking. Chúng tôi tiến hành kiểm tra việc dò tìm các hướng ánh sáng của hệ qua chế độ tự động (hình 7). Các hướng được cảm biến xác định chính xác theo ưu điểm của động cơ bước như đã nói ở trên.

Chúng tôi tiến hành đo điện thế -dòng nạp của hệ tracking tại địa bàn Quận 2, Tp. Hồ Chí Minh. Tấm pin mặt trời được điều chỉnh sao cho bề mặt của tấm pin được đặt nghiêng một góc  $\alpha = 21^\circ$  so với phương ngang. Tấm pin mặt trời có bề mặt quay về hướng Đông Bắc, và được đặt lệch một góc  $18^\circ$  so với đường kinh tuyến (góc phương vị bề mặt của tấm pin  $\gamma_s = 18^\circ$ ).



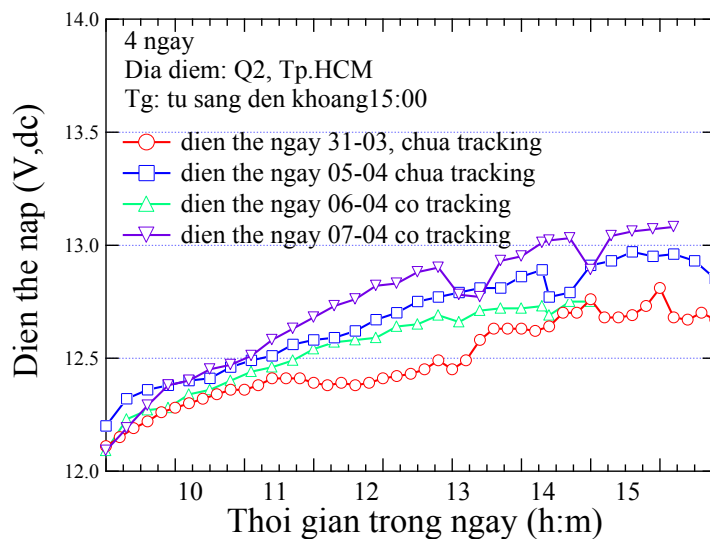
**Hình 8.** Khảo sát nạp từ tấm pin xuống accu: (a) điện thế nạp từ 12.11V đến 12.80V, (b) Đồng hồ đo và (c) cường độ nạp từ 100-400mA [13].



**Hình 9.** Khảo sát hoạt động của hệ solar tracking hoạt động từ 08:25 đến 15:15 ngày 07/04 tại Quận 2 Tp.HCM (a) điện thế ổn định và tăng và (b) cường độ dòng cực đại đạt gần 500mA.

Sử dụng hai đồng hồ VOM để đo dòng điện, điện áp. Cập nhật giá trị mỗi 15 phút một lần. Số liệu thu thập trong các ngày từ 31/3 đến 7/4 (hình 8 và hình 9). Điện thế và dòng nạp từ tấm pin mặt trời vào accu được đo trực tiếp và ghi lại kết quả vẽ đồ thị trong trường hợp không tracking và nạp điện có hệ thống solar tracking.

Để đánh giá được hiệu quả nạp điện của hệ tracking so với hệ cố định, cần thiết phải vẽ đồ thị từ các số liệu thu thập được. Theo hình 10 thì dòng điện cho thấy dòng nạp của tấm pin tăng dần về buổi trưa, giảm vào buổi chiều. Dòng khi có tracking luôn lớn hơn dòng tấm pin cố định, nếu không xét đến những điểm nhiễu do trời có mây che bất ngờ.



**Hình 10.** Điện thế nạp từ tấm pin mặt trời so sánh khi có tracking và không có tracking.

#### 4. KẾT LUẬN

Hệ solar tracking năng lượng mặt trời cho xe tự hành được thiết kế dựa trên cơ sở Vi điều khiển PIC, thu nhận các tín hiệu từ cảm biến ánh sáng, xử lý và điều khiển động cơ để xoay tấm pin mặt trời luôn vuông góc với hướng tia nắng nhằm đạt được hiệu suất chuyển đổi tối ưu. Qua thực nghiệm, hệ solar tracking hoạt động ổn định về mặt cơ khí và điện thế nạp, cường độ nạp vào accu cao hơn so với hệ solar cell không có tracking. Chúng tôi tiếp tục các nghiên cứu sâu hơn để có thể hoàn chỉnh solar tracking cho xe tự hành hay robot.

#### 5. GHI NHẬN VÀ CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin cảm ơn các đồng nghiệp đã hỗ trợ chế tạo cơ khí cho hệ solar tracking (Công ty Hai Sao) và khảo sát kỹ thuật lắp ráp các cell, đo công suất cell (Công ty CP NLMTĐ, Redsun Co Ltd.). Xin cảm ơn sự tạo điều kiện của Bộ môn Vật lý điện tử (Khoa Vật lý và Vật lý kỹ thuật, Trường ĐH Khoa học Tự nhiên) về hệ thống pin mặt trời và các thiết bị đo, phân tích thiết kế. Chúng tôi cũng cảm ơn các chuyên gia đã phản biện, góp ý nhằm hoàn chỉnh báo cáo này.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Tuấn, *Các thiết bị thám hiểm không gian – Xe tự hành*, Câu lạc bộ Thiên văn học Tp. Hồ Chí Minh, Việt Nam, 2009.
- [2]. Nguyễn Văn Giáp, Từ Diệp Công Thành, Đoàn Thế Thảo và Nguyễn Văn Trung, “Giải bài toán cục bộ tránh vật cản cho Robot tự hành.” Báo cáo khoa học, Khoa Cơ khí – Trường ĐHBK Tp.HCM (2004).
- [3]. Ngô Văn Thuyên và Nguyễn Hoàng Vũ, “Các bài toán nghiên cứu trên Robot di động.” Báo cáo nghiên cứu, Trường Đại học SPKT Tp.HCM (2009).
- [4]. Đoàn Hiệp và Nguyễn Văn Giáp, “Robot di động tự định vị không dùng cột mốc.” Báo cáo khoa học, Khoa Cơ khí – Trường ĐHBK Tp.HCM (2004).
- [5]. Châu Minh Phúc, Graziano Romain, Nguyễn

Hữu Trung và Nguyễn Văn Hiếu, “Nghiên cứu robot tự hành sử dụng phần mềm mô phỏng Stage và Player.” Báo cáo Khoa học Tiểu ban VL và HD, Hội nghị Khoa học lần 7-Trường Đại học KHTN Tp.HCM (tháng 11/2010).

- [6]. Aniruddha Piotr Dutt, *Introduction to Player/Stage Robotics-Problem Set 2*, Lecture, ([piter@ai.pjwstk.edu.pl](mailto:piter@ai.pjwstk.edu.pl)) ( Feb. 2006).
- [7] I. Waheed, R. Fotouhi, *Trajectory / Temporal Planning of Mobile Robot Manipulators*, Workshop on Canadian Space Agency, Montreal, Quebec (Oct.,2006).
- [8]. Y. Koren, *Potential Field Methods and Their Inherent Limitations for Mobile Robot Navigation*, IEEE and J. Borenstein, The University of Michigan (2008).
- [9]. Miguel Adalberto Hernández and Fernando Arámbula Cosío, *Local Autonomous Robot Navigation using Potential Fields*, Scientific reports, France (2007).
- [10]. Nancy Amato, *Potential Field Methods - Randomized Motion Planning*, Lecture- Fall 04, Univ. of Padova (2009).
- [11] Bill Lane, *Solar Tracker*, Dept. of Electrical and Computer Engineering-Cleveland State University (Apr.,2008).
- [12] Scott J. Hamilton, *Sun-Tracking Solar Cell Array System*, University of Queensland, Thesis (1999).
- [13]. Phan Nguyễn Anh Quốc và Nguyễn Văn Hiếu, “Nghiên cứu hệ tracking NLMT.” Báo cáo Khoa học Tiểu ban VL và HD, Hội nghị Khoa học lần 7-Trường Đại học KHTN Tp.HCM (tháng 11/2010).
- [14]. [www.solarbotics.net/library/pdflib/pdf/motorbas.pdf](http://www.solarbotics.net/library/pdflib/pdf/motorbas.pdf), tài liệu download từ Internet.