

NGHIÊN CỨU, THIẾT KẾ, CHẾ TẠO THIẾT BỊ ĐO ĐỘ ẨM KHÔNG KHÍ TRONG HỆ THỐNG SẤY NÔNG SẢN DẠNG HẠT

Design and Development of Adevice to Measuratmospheric Humidity in a Grain Drying System

Nguyễn Văn Linh

Khoa Cơ Điện, Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội

TÓM TẮT

Kiểm soát độ ẩm trong hệ thống sấy nông sản dạng hạt có vai trò rất quan trọng trong việc nâng cao chất lượng sản phẩm sấy. Bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu, thiết kế, chế tạo thiết bị đo độ ẩm tương đối trong hệ thống sấy nông sản dạng hạt, sử dụng cảm biến đo độ ẩm tương đối HS1101. Thực chất, HS1101 là một tụ điện có điện dung thay đổi theo độ ẩm tương đối. Kết hợp HS1101 với bộ định thời CMOS 555 trong mạch dao động cho tín hiệu đầu ra có tần số thay đổi theo độ ẩm tương đối. Chu kỳ xung của tín hiệu đầu ra sẽ được vi điều khiển AT89C52 đọc và gửi về máy tính để tính toán và hiển thị độ ẩm tương đối đo được.

Từ khoá: Cảm biến, độ ẩm tương đối, thiết bị đo.

SUMMARY

Monitoring the humidity in a grain drying system has played a very vital role in enhancing the quality of products. The present paper focuses on the design and development of a device for measuring relative humidity using sensor HS1101. In fact, HS1101 is a capacitor that has capacitance related to relative humidity. The sensor was combined with integrated circuit timer CMOS 555 in an oscillating circuit to produce a signal with a humidity-dependent frequency. The signal period was then read by a microcontroller named AT89C52. Finally, the value of signal period was sent to a computer to calculate and display the value of measured relative humidity.

Key words: Measurement Device, relative humidity, sensor.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Kiểm soát độ ẩm của sản phẩm sấy trong cả quá trình sấy có ý nghĩa quyết định đến chất lượng sản phẩm sấy. Tuy nhiên, với những hệ thống sấy có khả năng đo trực tiếp độ ẩm của sản phẩm sấy có mức chi phí đầu tư quá cao do tính phức tạp của hệ thống. Vì vậy, để kiểm soát được độ ẩm của sản phẩm sấy, cũng như toàn bộ quá trình sấy, hệ thống được thiết kế đo trực tiếp độ ẩm tác nhân sấy ở đầu vào và đầu ra hệ thống. Trên cơ sở ứng với từng loại nông sản sấy có thể tính toán được độ ẩm của sản phẩm sấy, từ đó đưa ra các quyết định điều chỉnh sấy khác nhau.

Trong thực tế có nhiều kỹ thuật đo độ ẩm tương đối của không khí khác nhau. Một trong số các phương pháp đo cổ nhất và phổ biến nhất là phương pháp khô ướt. Tuy nhiên, với phương pháp này đòi hỏi phải thường xuyên kiểm tra thiết bị để đảm bảo đầu đo luôn được giữ ẩm (Jim, 2005). Điều này có thể gây ra sự thiếu chính xác cũng như làm giảm hiệu quả của hệ thống sấy, đặc biệt với những hệ thống sấy có mức độ tự động hoá cao.

Để nâng cao độ chính xác và hiệu quả của hệ thống sấy sử dụng thiết bị đo độ ẩm tương đối làm việc theo nguyên lý khô ướt, đề tài đã tiến hành nghiên cứu, thiết kế và chế tạo thiết bị đo độ ẩm tương đối của không khí sử dụng module đo kết hợp giữa

cảm biến HS1101 và timer CMOS 555. Phạm vi đo độ ẩm tương đối của module từ 1 99% và sai số 2% (Raycho & cs, 2006).

2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Cảm biến độ ẩm tương đối HS1101 và vi điều khiển AT89C52

Hệ thống sấy sử dụng cảm biến độ ẩm tương đối HS1101 của hãng HUMIREL (Hình 1), có dải đo trong khoảng 1% 99%. Thực chất đây là một tụ điện có điện dung thay đổi theo độ ẩm, theo (Humirel, 2002) điện dung của cảm biến độ ẩm HS1101 thay đổi theo độ ẩm tương đối của không khí được biểu diễn bằng phương trình:

$$C(pf) = C @ 55\% (1,25 \cdot 10^{-7} \cdot RH^3 - 1,36 \cdot 10^{-5} \cdot RH^2 + 2,19 \cdot 10^{-3} \cdot RH + 9,00 \cdot 10^{-1}) \quad (1)$$

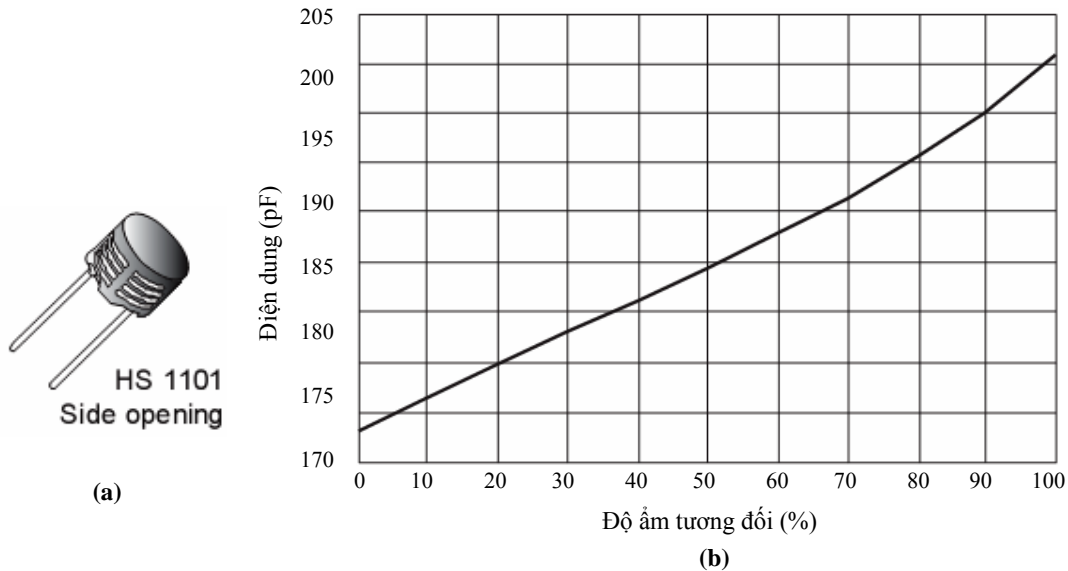
Trong đó:

$C(pf)$ - điện dung của cảm biến tại độ ẩm tương đối % RH , F

$C@55\%$ - điện dung của cảm biến tại độ ẩm tương đối 55% và có giá trị trung bình, 180 pF (Humirel, 2002)

RH - độ ẩm tương đối, %

Như vậy, nếu đo được giá trị điện dung của cảm biến HS1101 tại thời điểm đo ta hoàn toàn có thể tìm được độ ẩm tương đối của không khí bằng việc giải phương trình (1).



Hình 1. Cảm biến độ ẩm tương đối của không khí HS1101

(a) - Hình dáng bên ngoài; (b) - Đường cong đặc tính

Trong thực tế, việc đo điện dung của tụ điện bằng phương pháp đo trực tiếp khá phức tạp, nên đề tài chọn phương pháp đo gián tiếp. Trong thiết kế hệ thống, để tránh nhiều giải pháp mạch không sử dụng tín hiệu đầu ra dạng điện áp. Thay vào đó, mạch được thiết kế với tín hiệu đầu ra dạng chuỗi xung có tần số thay đổi theo độ ẩm tương đối. Bộ chuyển đổi điện dung

– tần số này (Hình 3) được tạo thành khi kết hợp cảm biến HS1101 với timer CMOS 555 của hãng TEXAS. Xung tín hiệu sẽ được đọc và được số hoá thành tín hiệu số tương ứng với độ ẩm tương đối của không khí bằng chương trình phần mềm nạp trên vi điều khiển AT89C52.

Mạch xử lý và số hoá tín hiệu độ ẩm sử dụng vi điều khiển AT89C52 có kết nối

với máy tính. AT89C52 cho phép xử lý, điều khiển, truyền và nhận dữ liệu với máy tính.

2.2. Phương pháp

Đề tài sử dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết trên cơ sở tiếp thu các kết quả nghiên cứu của các công trình trong và ngoài nước.

Thiết bị đo độ ẩm tương đối của không khí được tính toán, thiết kế trên phần mềm OrCAD 10.

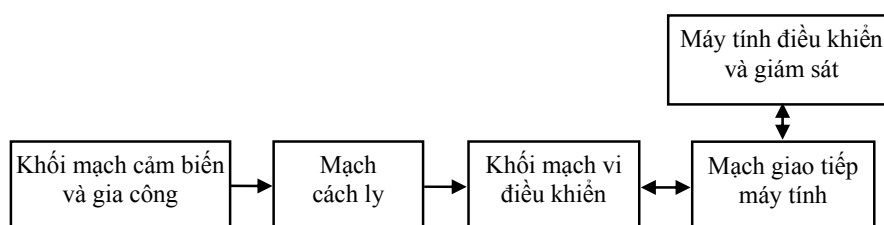
Phương pháp kiểm nghiệm và hiệu chỉnh thiết bị đo độ ẩm tương đối của không khí: Đặt hai thiết bị đo độ ẩm tương đối, thiết bị đo độ ẩm tương đối đã

được chế tạo và thiết bị đo độ ẩm tương đối PSYCHRO - DYNE của hãng SOUTHAMPTON có sai số 2%, trong hệ thống sấy ngô hạt tại Khoa Cơ Điện – Đại học Nông nghiệp Hà Nội. Trên cơ sở so sánh giữa hai giá trị đo được, hiệu chỉnh thiết bị đã được chế tạo theo thiết bị PSYCHRO - DYNE sao cho sai số giữa hai thiết bị là nhỏ nhất.

3. KẾT QUẢ

3.1. Sơ đồ mạch

Thiết bị đo độ ẩm tương đối tác nhân sấy trong hệ thống sấy nông sản được sơ đồ hoá (Hình 2):



Hình 2. Sơ đồ khối thiết bị đo độ ẩm tương đối tác nhân sấy

Độ ẩm tương đối của không khí được đo và chuyển thành tín hiệu điện thông qua khối mạch cảm biến và gia công. Sau khi qua mạch cách ly có tác dụng làm vuông xung tín hiệu, khối mạch vi điều khiển sẽ đọc tần số xung và số hoá thành tín hiệu số trước khi chuyển cho máy tính giám sát và điều khiển thông qua mạch giao tiếp máy tính. Máy tính sẽ tính toán giá trị nhận được từ khối vi điều khiển, hiển thị giá trị độ ẩm tương đối, đồng thời đưa ra các tín hiệu điều khiển hệ thống.

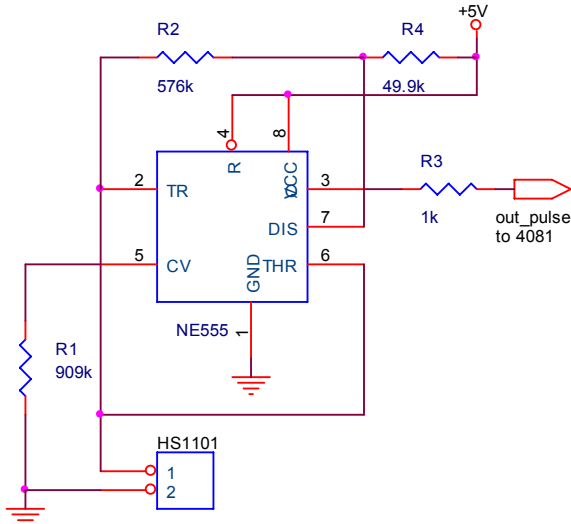
3.1.1. Khối mạch cảm biến và gia công

Khối mạch cảm biến và gia công (Hình 3) được thiết kế dựa trên hai thiết bị cơ bản: Cảm biến HS1101 và timer NE555 tạo thành bộ biến đổi điện dung – tần số HS1101 được nối tới chân TRIG và THRES của NE555.

Tụ điện tương đương HS1101 được nạp qua R2 và R4 tới điện áp ngưỡng (khoảng 0,67 Vcc) và được phóng qua R2, qua chân 7 về âm nguồn tới mức lật (khoảng 0,33 Vcc). Đầu ra của NE555 là một chuỗi xung (Hình 4) với mức cao 5V và mức thấp 0V. Như vậy tín hiệu ra phụ thuộc R2, R4 và điện dung của HS1101. Các thông số điện trở được cho theo hình 3.

3.1.2. Mạch cách ly

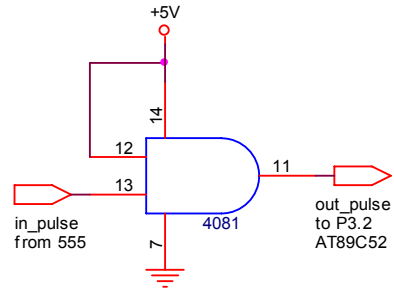
Mạch cách ly (Hình 5) sử dụng duy nhất cổng AND 4081, có tác dụng cách ly giữa mạch cảm biến và mạch xử lý trung tâm. Bên cạnh đó, tín hiệu xung từ chân 3 của NE555 sẽ được cổng AND 4081 làm vuông trước khi đi vào vi điều khiển AT89C52, giúp vi điều khiển đọc xung chính xác.



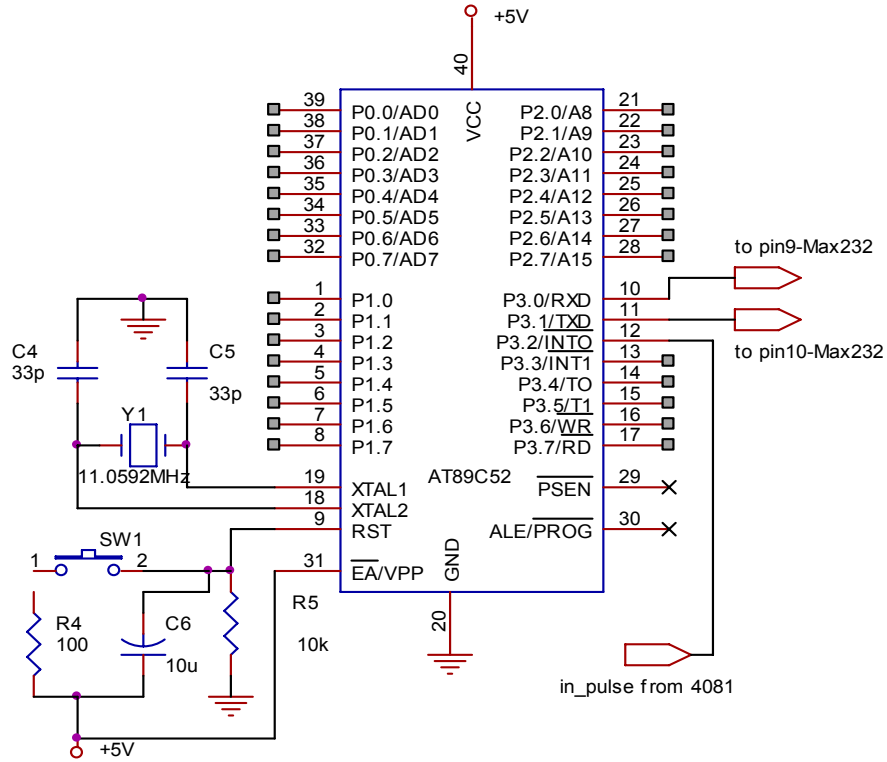
Hình 3. Khối mạch cảm biến và gia công



Hình 4. Xung dao động tại đầu ra của 555



Hình 5. Mạch cách lý



Hình 6. Khối mạch vi điều khiển

3.1.3. Khối mạch vi điều khiển

Khối xử lý trung tâm (Hình 6) sử dụng vi điều khiển họ MCS51 - AT89C52 của hãng ATMEL AT89C52 được chương trình hoá có nhiệm vụ điều khiển, đọc và xử lý tín hiệu, truyền và nhận dữ liệu với máy tính. Các thông số cơ bản của vi điều khiển: Làm việc tại tần số 11.0592MHz – khối dao động thạch anh Y1 và hai tụ điện C4, C5 tạo thành mạch dao động cho vi điều khiển; có bộ nhớ chương trình 8K, bộ nhớ dữ liệu RAM 256bytes, các đầu vào ra số lập trình được, truyền thông nối tiếp USART (RS232), timer 3 bộ, đóng gói 40 chân. Công tắc SW1, điện trở R4 và tụ điện C6 tạo mạch reset cho vi điều khiển (Atmel, 1999).

Vi điều khiển được lựa chọn theo các đặc tính kỹ thuật và khả năng đáp ứng các ứng dụng số. Các giá trị điện trở, điện dung trong mạch dao động thạch anh của vi điều khiển được lựa chọn theo nhà sản xuất. Các chân không sử dụng của vi điều khiển được treo lên trong quá trình làm việc (Atmel, 1999). Chíp vi điều khiển có

khả năng đọc được số chu kỳ xung trong khoảng thời gian định trước.

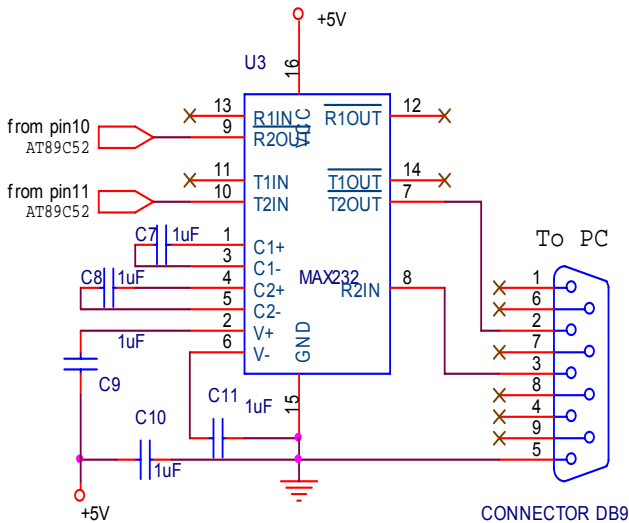
3.1.4. Mạch giao tiếp máy tính

Khối mạch giao tiếp máy tính (Hình 7) sử dụng truyền thông nối tiếp (UART) được thực hiện theo chuẩn truyền thông RS232. Quá trình truyền thông nối tiếp này cũng được xây dựng dựa trên module USART của vi điều khiển AT89C52. Ngoài ra, mạch giao tiếp còn sử dụng một bộ biến đổi mức TTL/RS232 được tích hợp trên IC MAX232 của hãng MAXIM. Các trị số điện dung trong mạch giao tiếp được chọn theo giá trị khuyến cáo của nhà sản xuất (Maxim, 2001).

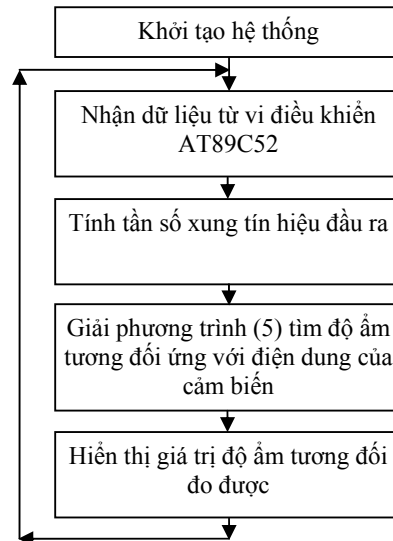
Bốn khối đầu được tổng hợp theo sơ đồ hình 9.

3.1.5. Máy tính điều khiển và giám sát

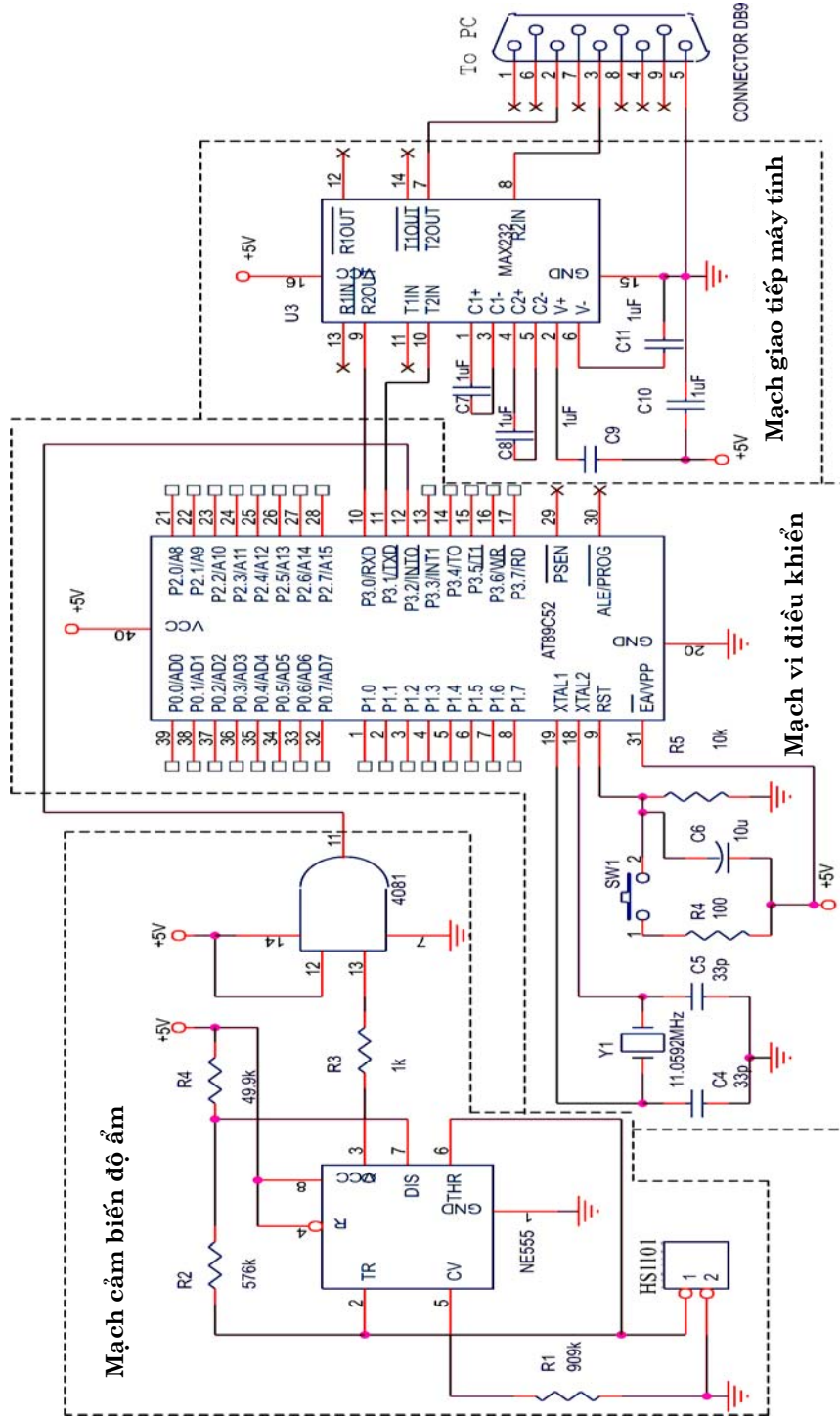
Để giao tiếp giữa máy tính và người sử dụng, trong thiết kế giao diện được viết bằng ngôn ngữ lập trình Visual Basic 6.0. Chương trình phần mềm bao gồm các bước tính toán trên và kết quả được hiển thị trên giao diện. Lưu đồ thuật toán của chương trình được giới thiệu theo hình 8.



Hình 7. Mạch giao tiếp máy tính



Hình 8. Lưu đồ thuật toán chương trình tính toán và hiển thị độ âm trên máy tính



Hình 9. Sơ đồ mạch thiết bị đo độ ẩm tương đối.

3.2. Nguyên lý làm việc

Điện dung của HS1101 có giá trị thay đổi theo độ ẩm tương đối nên trong quá trình nạp, qua R2 và R4 (Hình 3), có thời gian nạp cũng phụ thuộc vào độ ẩm tương đối và được xác định như sau (Humirel, 2002):

$$t_{high} = C @ \%RH . (R2 + R4) . \ln 2 \quad (2)$$

Trong đó:

t_{high} – thời gian nạp, s

$C @ \%RH$ - điện dung của cảm biến tại độ ẩm tương đối $\%RH$, F

Sau khi nạp đến ngưỡng 3,35V (với điện áp nguồn nuôi 5V) tụ điện tương đương HS1101 sẽ phóng qua R2, qua chân 7 của NE555 về âm nguồn - khép mạch cho HS1101. Thời gian phóng phụ thuộc vào độ ẩm tương đối và được xác định theo công thức (Humirel, 2002):

$$t_{low} = C @ \%RH . R2 . \ln 2 \quad (3)$$

Trong đó:

t_{low} – thời gian phóng, s

$C @ \%RH$ – điện dung của cảm biến tại độ ẩm tương đối $\%RH$, F

Tụ tương đương HS1101 phóng tới mức 1,65V (điện áp nguồn nuôi 5V) thì lật trạng thái quay lại quá trình nạp. Tín hiệu đầu ra trên chân 3 của NE555 là một xung vuông có tần số thay đổi theo độ ẩm tương đối và được tính bởi biểu thức (Humirel, 2002):

$$F_{out} = \frac{1}{t_{high} + t_{low}} = \frac{1}{C @ \%RH . (R4 + 2R2) \ln 2} \quad (4)$$

Trong đó:

F_{out} – tần số xung trên chân 3 của NE555

Từ phương trình (1) và (4), quan hệ giữa tần số xung tại chân 3 của NE555 và độ ẩm tương đối được thể hiện:

$$\frac{1}{F_{out} . (R4 + 2.R2) \ln 2} = C @ 55\% (1,25 . 10^{-7} . RH^3 - 36 . 10^{-5} . RH^2 + 2,19 . 10^{-3} . RH + 9,00 . 10^{-1}) \quad (5)$$

Xung vuông từ chân 3 của NE555 tiếp tục được đưa qua cổng AND4081 để làm vuông trước khi đi vào vi điều khiển AT89C52.

Xung tín hiệu được đưa trực tiếp vào chân ngắt ngoài P3.2/INTO của vi điều khiển AT89C52. Với chương trình ngắt được viết trước cho vi điều khiển, biến đếm chương trình sẽ tăng lên một đơn vị mỗi khi có sườn xuống của xung tín hiệu vào chân P3.2/INTO.

Với thiết kế đã trình bày, tần số xung tại chân 3 của NE555 sẽ thay đổi trong khoảng từ 7351Hz tới 6033Hz tương đương độ ẩm tương đối thay đổi từ 0% đến 100%. Mặt khác, AT89C52 là vi điều khiển 8bit nên biến đếm chương trình có giá trị lớn nhất 255. Theo tính toán lý thuyết, sau khoảng thời gian 20ms nên đọc giá trị biến đếm một lần, đồng thời reset biến đếm chương trình về 0. Việc làm này tránh cho biến đếm chương trình bị tràn.

Giá trị đọc được từ biến đếm chương trình chính là số chu kỳ xung trên chân 3 của NE555 trong khoảng thời gian 20ms. Giá trị này sẽ được gửi tới máy tính.

Trên máy tính, tần số xung trên chân 3 của NE555 được tính:

$$F_{out} = \frac{\text{số chu kỳ xung đọc được}}{20 . 10^{-3}} \quad (6)$$

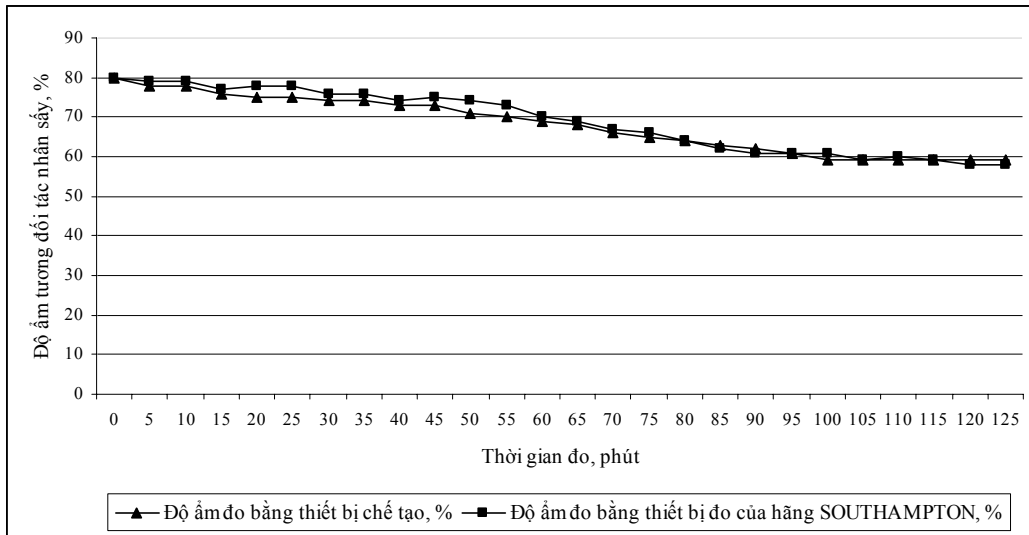
Từ giá trị F_{out} tìm được, giải phương trình (5) tìm được độ ẩm tương đối RH .

3.3. Thử nghiệm thiết bị

Thiết bị đo độ ẩm tương đối của không khí đã được thử nghiệm trên hệ thống sấy ngô hạt tại Khoa Cơ Điện – Đại học Nông nghiệp Hà Nội trong phạm vi đề tài cấp Bộ: "Ứng dụng kỹ thuật điều khiển số xây dựng hệ thống điều chỉnh các thông số chủ yếu của quá trình sấy nông sản dạng hạt" – mã số: B2007 - 11 - 61. Thiết bị được thử nghiệm trong cùng điều kiện đo với thiết bị đo độ ẩm tương đối PSYCHRO-DYNE của hãng SOUTHAMPTON.

Kết quả thử nghiệm được trình bày trên hình 10. Với phạm vi đo của hệ thống sấy nông sản dạng hạt nằm trong khoảng 40% - 90%, thiết bị chế tạo đã đáp ứng được các yêu cầu đo, hiển thị và điều khiển của hệ thống.

Kết quả thử nghiệm cho thấy ở dải độ ẩm thấp giá trị đo có độ chính xác cao hơn khi đo ở dải độ ẩm cao. Điều này được giải thích trên cơ sở đặc tính làm việc của cảm biến độ ẩm HS1101 tuyến tính hơn ở dải độ ẩm thấp (Hình 10).



Hình 10. Kết quả thử nghiệm thiết bị đo độ ẩm tương đối không khí

Các thông số kỹ thuật của thiết bị

	Min	Typ	Max	Đơn vị
Nhiệt độ làm việc	-40		100	°C
Dải làm việc	1		99	%RH
Độ phân giải		1		%RH
Nguồn nuôi		5		VDC
Độ chính xác*		±3.0		%RH

* Kiểm nghiệm theo thiết bị đo độ ẩm tương đối PSYCHRO-DYNE-22010 của hãng SOUTHAMPTON

4. KẾT LUẬN

Thiết bị đo độ ẩm tương đối không khí sau khi chế tạo đã được kiểm nghiệm và hiệu chỉnh trên cơ sở thiết bị đo độ ẩm tương đối PSYCHRO - DYNE của hãng SOUTHAMPTON. Sai số đo 3%.

Thiết bị đo có một số đặc tính sau:

(1) Thiết bị đo nhỏ gọn, tiêu thụ công suất thấp;

(2) Cho phép giám sát, thu thập giá trị độ ẩm tương đối không khí từ máy tính;

(3) Thiết bị có thể đo ở khoảng cách khá xa so với vị trí đặt máy tính;

(4) Thiết bị có ý nghĩa rất lớn trong các hệ thống tự động điều khiển.

Ngoài ứng dụng trong hệ thống sấy nông sản dạng hạt, thiết bị còn có thể được sử dụng trong các quá trình xử lý, chế biến và bảo quản nông sản; trong các phòng thí nghiệm, các khu nhà kính trồng cây, hay trong các khu sản xuất rau sạch, ... Đặc biệt, thiết bị là tiền đề cho việc thiết kế các hệ thống tự động điều chỉnh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Jim Harden (2005). *Weather Station*.
Mississippi State University.
- Atmel (1999). *8bit Microcontroller with 8K Bytes Flash*.
- Humirel (2002). *HS11xx Data Sheet*.
- Maxim (2001). *MAX220 - MAX249 + 5V - Powered, Multichannel RS - 232 Drivers/Receivers*.
- Raycho Ilarionov, Ivan Simeonov, Hristo Kilifarev (2006). *Embedded system for short-term weather forecasting*.
International Conference on Computer Systems and Technologies.