

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG**



ISO 9001:2015

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

NGÀNH ĐIỆN TỬ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

Sinh viên : Nguyễn Bảo Trung

Giảng viên hướng dẫn: TS. Ngô Quang Vĩ

HẢI PHÒNG – 2020

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG

THIẾT KẾ CHẾ TẠO MÁY ĐO THÂN NHIỆT TỪ XA
SỬ DỤNG CẢM BIẾN KHÔNG TIẾP XÚC

ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP ĐẠI HỌC HỆ CHÍNH QUY
NGÀNH ĐIỆN TỬ ĐỘNG CÔNG NGHIỆP

Sinh viên : Nguyễn Bảo Trung

Giảng viên hướng dẫn: TS. Ngô Quang Vĩ

HẢI PHÒNG – 2020

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC QUẢN LÝ VÀ CÔNG NGHỆ HẢI PHÒNG

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Sinh viên : Nguyễn Bảo Trung **MSV:** 1512102012

Lớp : DC1901

Ngành : Điện Tự Động Công Nghiệp

Tên đề tài: Thiết kế chế tạo máy đo thân nhiệt từ xa sử dụng cảm biến không tiếp xúc

NHIỆM VỤ ĐỀ TÀI

1.Nội dung và các yêu cầu cần giải quyết trong nhiệm vụ đề tài tốt nghiệp (về lý luận, thực tiễn, các số liệu cần tính toán và các bản vẽ).

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Các số liệu cần thiết để thiết kế, tính toán.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.Địa điểm thực tập tốt nghiệp

CÁC CÁN BỘ HƯỚNG DẪN ĐỀ TÀI TỐT NGHIỆP

Họ và tên : Ngô Quang Vĩ

Học hàm, học vị : Tiến sĩ

Cơ quan công tác : Trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hải Phòng

Nội dung hướng dẫn:

Đề tài tốt nghiệp được giao ngày 12 tháng 10 năm 2020

Yêu cầu phải hoàn thành xong trước ngày 31 tháng 12 năm 2020

Đã nhận nhiệm vụ Đ.T.T.N

Đã giao nhiệm vụ Đ.T.T.N

Sinh Viên

Cán bộ hướng dẫn Đ.T.T.N

Nguyễn Bảo Trung

Ngô Quang Vĩ

Hải Phòng, ngày.....tháng năm 2020.

TRƯỞNG KHOA

Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam

Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIẢNG VIÊN HƯỚNG DẪN TỐT NGHIỆP

Họ và tên giảng viên: Ngô Quang Vĩ.

Đơn vị công tác: Trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hải Phòng

Họ và tên sinh viên: Nguyễn Bảo Trung.

Chuyên ngành: Điện tự động công nghiệp

Nội dung hướng dẫn : Toàn bộ đề tài

1. Tinh thần thái độ của sinh viên trong quá trình làm đề tài tốt nghiệp

.....

.....

.....

.....

2. Đánh giá chất lượng của đề án/khóa luận(so với nội dung yêu cầu đã đề ra trong nhiệm vụ Đ.T.T.N, trên các mặt lý luận, thực tiễn, tính toán số liệu...)

.....

.....

.....

3. Ý kiến của giảng viên hướng dẫn tốt nghiệp

Được bảo vệ ☐ Không được bảo vệ ☐ Điểm hướng dẫn ☐

Hải Phòng, ngày.....tháng.....năm 2020

Giảng viên hướng dẫn

Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam

Độc lập - Tự do - Hạnh phúc

PHIẾU NHẬN XÉT CỦA GIẢNG VIÊN CHẤM PHẢN BIỆN

Họ và tên giảng viên:.....

Đơn vị công tác:.....

Họ và tên sinh viên:**Chuyên ngành:**.....

Đề tài tốt nghiệp:

.....

1. Phần nhận xét của giảng viên chấm phản biện

.....

.....

.....

.....

2. Những mặt còn hạn chế

.....

.....

.....

.....

3. Ý kiến của giảng viên chấm phản biện

Được bảo vệ ☐ Không được bảo vệ ☐ Điểm hướng dẫn ☐

Hải Phòng, ngày.....tháng.....năm 2020

Giảng viên chấm phản biện

(ký và ghi rõ họ tên)

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU.....	1
Chương 1.TÌM HIỂU CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐO NHIỆT ĐỘ.....	2
1.1.Khái niệm về nhiệt độ.....	2
<i>1.1.1 Khái niệm:.....</i>	<i>2</i>
<i>1.1.2 Thang đo nhiệt độ:.....</i>	<i>3</i>
<i>1.1.3 Sơ lược về phương pháp đo nhiệt độ:.....</i>	<i>3</i>
1.2 Đo nhiệt độ bằng phương pháp tiếp xúc.....	4
<i>1.2.1 Đo nhiệt độ bằng nhiệt điện trở:.....</i>	<i>4</i>
<i>1.2.1.1 Nhiệt điện trở kim loại:.....</i>	<i>4</i>
<i>1.2.1.2 Nhiệt điện trở bán dẫn:.....</i>	<i>6</i>
<i>1.2.2 Đo nhiệt độ bằng cặp nhiệt ngẫu:.....</i>	<i>7</i>
<i>1.2.3 IC cảm biến nhiệt độ.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.3.1 Loại LM 335.....</i>	<i>8</i>
<i>1.2.3.1 Loại AD22100.....</i>	<i>8</i>
1.3 Đo nhiệt độ bằng phương pháp không tiếp xúc.....	9
<i>1.3.3 Hỏa quang kế phát xa:.....</i>	<i>10</i>
<i>1.3.2 Hỏa quang kế cường độ sáng:.....</i>	<i>11</i>
<i>1.3.3 Hỏa quang kế màu sắc:.....</i>	<i>12</i>
Chương 2. TÌM HIỂU VỀ CẤU TRÚC CÁC VI ĐIỀU KHIỂN.....	15
1. Tổng quan về chip adunino nano.....	16
<i>1.1 Ardunino nano là gì:.....</i>	<i>16</i>

1.1.1 Thiết kế nguồn:	19
1.1.2 Thiết kế mạch dao động:	20
1.1.3 Thiết kế mạch reset:	20
1.1.4 Thiết kế mạch nạp và giao tiếp máy tính:	21
1.2 Lập trình cho Arduino Nano	22
1.3 So sánh Arduino Nano với Arduino Uno R3	22
1.4 Ứng dụng thực tiễn của Board Arduino Nano	23
2. Cảm biến không tiếp xúc ZTEMP TL901	26
3. Cấu tạo và nguyên lí hoạt động của động cơ bước	28
1.1 Cấu tạo của động cơ bước:	28
1.2 Phân loại:	29
1.2.1 Phân loại động cơ bước theo số pha:	29
1.2.2 Phân loại theo cực của động cơ bước:	29
1.2.3 Phân loại động cơ bước theo Rotor:	29
1.2.3.1 Động cơ bước nam châm vĩnh cửu:	29
1.2.3.2 Động cơ bước biến trở từ trở:	32
1.2.3.3 Động cơ bước hỗn hợp:	33
1.2.3.4 Động cơ bước 2 pha:	34
1.3 Phương pháp điều khiển động cơ bước	36
1.4 Các thiết bị đi kèm với động cơ bước	37
1.4.1 Hộp giảm tốc:	37
1.4.2 Phan từ:	38
1.4.3 Encoder:	39
1.4.4 Driver điều khiển:	40

Chương 3. Thiết kế, chế tạo máy đo thân nhiệt từ xa sử dụng cảm biến không tiếp xúc.

Kết luận

Lời nói đầu

Hiện nay Công nghiệp hoá - Hiện đại hoá đang đóng một vai trò rất quan trọng trong việc nâng cao năng suất lao động. Những thành tựu của cuộc cách mạng khoa học kỹ thuật được áp dụng rộng rãi vào nền kinh tế đưa đến những đổi thay chưa từng có trong lịch sử loài người. Nhận thức được tầm quan trọng của khoa học công nghệ có ảnh hưởng quyết định đến chiến lược phát triển đất nước, Nhà nước ta đã ra sức đào tạo nghiên cứu khoa học kỹ thuật, khuyến khích đầu tư nhằm phát triển nhanh nền khoa học kỹ thuật nước nhà.

Là sinh viên của chuyên ngành điện công nghiệp và dân dụng, sau thời gian học tập và rèn luyện tại Trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hải Phòng, được sự giảng dạy tận tình của các thầy cô cùng với sự cố gắng nỗ lực của bản thân, em đã được giao đề tài tốt nghiệp “Thiết kế chế tạo máy đo thân nhiệt từ xa sử dụng cảm biến không tiếp xúc”. Khi được giao đề án tốt nghiệp, xác định đây là công việc quan trọng nhằm đánh giá lại toàn bộ kiến thức mà mình đã tiếp thu được trong quá trình học tập tại trường, em đã có nhiều cố gắng. Đề tài này là một đề tài thiết rất cần thiết ở Việt Nam và trên toàn thế giới. Vì hiện tại tình hình dịch bệnh COVID – 19 đang lây lan khắp nơi trên toàn thế giới mà các thiết bị đo thân nhiệt lại rất thô sơ và phải dùng đến sức người để sử dụng, cho nên trong đề án này em chỉ tập trung đi sâu vào công việc chính là , nghiên cứu chế tạo máy đo thân nhiệt từ xa sử dụng cảm biến không tiếp xúc, sử dụng cảm biến không tiếp xúc TN901. Đề án gồm 3 phần

Chương 1 Tìm hiểu những phương pháp đo nhiệt

Chương 2. Tìm hiểu về cấu trúc các vi điều khiển

Chương 3. Thiết kế, chế tạo máy đo thân nhiệt từ xa sử dụng cảm biến không tiếp xúc

Sau 3 tháng tìm hiểu và tham khảo, với ý thức và sự nỗ lực của bản thân cùng với sự giúp đỡ tận tình của các thầy, cô đặc biệt là thầy Ngô Quang Vĩ đã giúp

em tận tình trong quá trình làm đồ án này. Qua bản đồ án này cho em xin được bày tỏ lời cảm ơn chân thành tới Thầy Ngô Quang Vĩ và các thầy cô trong bộ môn điện công nghiệp và dân dụng trường Đại học Quản lý và Công nghệ Hải Phòng. Trong quá trình hoàn thành đồ án, với trình độ kiến thức chuyên môn chưa nhiều, kinh nghiệm thực tế còn ít và thời gian có hạn nên đồ án của em không thể tránh được những thiếu sót. Do đó, em kính mong được sự chỉ bảo thêm của các thầy, cô và đóng góp của các bạn để em được hoàn thiện hơn.

Em xin chân thành cảm ơn!

Chương 1 Tìm hiểu những phương pháp đo nhiệt

1.1. Khái niệm về nhiệt độ

1.1.1. Khái niệm

Nhiệt độ là đại lượng vật lý đặc trưng cho cường độ chuyển động của các nguyên tử, phân tử của một hệ vật chất. Tùy theo từng trạng thái của vật chất (rắn, lỏng, khí) mà chuyển động này có khác nhau ở trạng thái lỏng, các phân tử dao động quanh vị trí cân bằng nhưng vị trí cân bằng của nó luôn dịch chuyển làm cho chất lỏng không có hình dạng nhất định. Còn ở trạng thái rắn, các phân tử, nguyên tử chỉ dao động xung quanh vị trí cân bằng. Các dạng vận động này của các phân tử, nguyên tử được gọi chung là chuyển động nhiệt. Khi tương tác với bên ngoài có trao đổi năng lượng nhưng không sinh công, thì quá trình trao đổi năng lượng nói trên gọi là sự truyền nhiệt. Quá trình truyền nhiệt trên tuân theo 2 nguyên lý:

Bảo toàn năng lượng: nhiệt chỉ có thể tự truyền từ nơi có nhiệt độ cao đến nơi có nhiệt độ thấp. Ở trạng thái rắn, sự truyền nhiệt xảy ra chủ yếu bằng dẫn nhiệt và bức xạ nhiệt.

Đối với các chất lỏng và khí: thì ngoài dẫn nhiệt và bức xạ nhiệt còn có truyền nhiệt bằng đối lưu. Đó là hiện tượng vận chuyển năng lượng nhiệt bằng cách vận chuyển các phần của khối vật chất giữa các vùng khác nhau của hệ do chênh lệch về tỉ trọng.

1.1.2. Thang đo nhiệt độ

Từ xa xưa con người đã nhận thức được hiện tượng nhiệt và đánh giá cường độ của nó bằng cách đo và đánh giá nhiệt độ theo một đơn vị đo của mỗi thời kỳ. Có nhiều đơn vị đo nhiệt độ, chúng được định nghĩa theo từng vùng, từng thời kỳ phát triển của khoa học kỹ thuật và xã hội. Hiện nay chúng ta có 3 thang đo nhiệt độ chính là:

Thang nhiệt độ tuyệt đối (K).

Thang Celsius (C): $T(^{\circ}\text{C}) = T(^{\circ}\text{K}) - 273,15$.

Thang Fahrenheit: $T(^{\circ}\text{F}) = T(^{\circ}\text{K}) - 459,67$.

Đây là 3 thang đo nhiệt độ được dùng phổ biến nhất hiện nay. Trong đó thang đo nhiệt độ tuyệt đối (K) được quy định là một trong 7 đơn vị đo cơ bản

của hệ đơn vị quốc tế (SI). Dù trên 3 thang đo này chúng ta có thể đánh giá được nhiệt độ.

1.1.3. Sơ lược về phương pháp đo nhiệt độ

Nhiệt độ là đại lượng chỉ có thể đo gián tiếp trên cơ sở tính chất của vật phụ thuộc nhiệt độ. Hiện nay chúng ta có nhiều nguyên lý cảm biến khác nhau để chế tạo cảm biến nhiệt độ như: nhiệt điện trở, cặp nhiệt ngẫu, phương pháp quang, dựa trên phân bố phổ bức xạ nhiệt, phương pháp dựa trên sự giãn nở của vật rắn, lỏng, khí hoặc dựa trên tốc độ âm... Có 2 phương pháp đo chính:

Ở dải nhiệt độ thấp và trung bình phương pháp đo là phương pháp tiếp xúc, nghĩa là các chuyển đổi được đặt trực tiếp ngay trong môi trường đo. Thiết bị đo như: nhiệt điện trở, cặp nhiệt, bán dẫn.

Ở dải nhiệt độ cao phương pháp đo là phương pháp không tiếp xúc (dụng cụ đặt ngoài môi trường đo). Các thiết bị đo nhiệt cảm biến quang, hỏa quang kế (hỏa quang kế phát xạ, hỏa quang kế cường độ sáng, hỏa quang kế màu sắc)...

1.2. Đo nhiệt độ bằng phương pháp tiếp xúc

1.2.1. Đo nhiệt độ bằng nhiệt kế điện trở

+ Nguyên lý hoạt động:

Điện trở của một số kim loại thay đổi theo nhiệt độ và dựa vào sự thay đổi điện trở đó người ta đo được nhiệt độ cần đo.

Nhiệt điện trở dùng trong dụng cụ đo nhiệt độ làm việc với dòng phụ tải nhỏ để nhiệt năng sinh ra do dòng nhiệt điện trở nhỏ hơn so với nhiệt năng nhận được từ môi trường thí nghiệm.

Yêu cầu cơ bản đối với vật liệu dùng làm chuyển đổi của nhiệt điện trở là có hệ số nhiệt độ lớn và ổn định, điện trở suất khá lớn...

Trong công nghiệp nhiệt điện trở được chia thành nhiệt điện trở kim loại và nhiệt điện trở bán dẫn.

1.2.2. Nhiệt điện trở kim loại

Quan hệ giữa nhiệt điện trở của nó và nhiệt độ là tuyến tính, tính lặp lại của quan hệ là rất cao nên thiết bị được cấu tạo đơn giản. Nhiệt điện trở kim loại thường có dạng dây kim loại hoặc màng mỏng kim loại có điện trở suất thay đổi theo nhiệt độ. Trong điện trở kim loại được chia thành 2 loại:

- + Kim loại quý (Pt)
- + Kim loại thường (Cu, Ni...)

Platin được chế tạo với độ tinh khiết cao, cho phép tăng độ chính xác của các đặc tính điện trở của nó, hơn nữa Platin còn trơ về mặt hoá học và ổn định tinh thể, cho phép hoạt động tốt trong dải nhiệt độ rộng. Ngoài ra nó lại còn có tính lặp rất cao, sai số ngẫu nhiên thấp (dưới 0,01%), có độ sai khác 0.01 °C.

Niken có độ nhạy cao hơn so với Platin nhưng Niken có tính hoá học cao, dễ bị oxy hoá khi nhiệt độ tăng do vậy dải nhiệt độ làm việc của nó bị hạn chế (dưới 250°C). Tuy vậy nó lại có giá thành rẻ vẫn đáp ứng về mặt kỹ thuật cho nên cũng hay được sử dụng.

Đồng cũng được sử dụng nhiều vì sự thay đổi nhiệt độ của đồng có độ tuyến tính cao, giống như Niken thì hoạt tính hoá học của đồng lớn nên dải nhiệt độ làm việc của đồng bị hạn chế (dưới 180 °C).

Để đạt được độ nhạy cao nhiệt điện trở phải lớn muốn vậy phải giảm tiết diện và tăng chiều dài dây. Để có độ bền cơ học tốt các nhiệt điện trở kim loại có trị số điện trở R vào khoảng 100Ω ở 0°C. Các nhiệt điện trở có trị số lớn thường dùng đo dài ở nhiệt độ thấp vì ở đó cho phép thu được độ nhạy cao. Để sử dụng cho mục đích công nghiệp các nhiệt điện trở có vỏ bọc tốt, chống được va chạm và rung mạnh.

Đối với bạch kim thì giữa điện trở và nhiệt độ trong giới hạn từ 0 đến 660 °C được biểu diễn bằng biểu thức:

$$R_t = R_0(1 + At + Bt^2)$$

Trong đó R_0 là nhiệt độ ở 0°C

Đối với bạch kim tinh khiết thì: $A = 3,940 \cdot 10^{-3} / ^\circ\text{C}$

$$B = -5,6 \cdot 10^{-7} / ^\circ\text{C}$$

Trong khoảng từ -190 đến 0°C thì quan hệ giữa điện trở của bạch kim với nhiệt độ có dạng: $R_t = \{ 1 + At + Bt^2 + C(t-100)^3$

Trong đó $C = -4,10 \cdot 10^{-12} / ^\circ\text{C}$

Đối với đồng ta có công thức: $R_t = R_0(1 + \alpha t)$.

Trong đó: R_0 - điện trở ở nhiệt độ 0°C

α_0 - hệ số nhiệt độ đối với khoảng nhiệt độ bắt đầu từ 0°C bằng $4,3 \cdot 10^{-3} / ^\circ\text{C}$.

Trong khoảng nhiệt độ từ $-50^{\circ}\text{C} \div 150^{\circ}\text{C}$. Loại này có thể dùng được trong các môi trường có độ ẩm và khí ăn mòn.

Trong thực tế có loại nhiệt điện trở TCM-0879-01T3 bằng đồng công thức mô tả: $R_t = 50(1 + 4,3 \cdot 10^{-3}T)$ (\square).

1.2.3. Nhiệt điện trở bán dẫn

Nhiệt điện trở bán dẫn được chế tạo từ hỗn hợp nhiều oxit kim loại khác nhau (ví dụ nh-: CuO , $\text{MnO}\dots$). Một số nhiệt điện trở bán dẫn đặc trưng bởi quan hệ: $R_t = A \cdot e^{B/T}$

Trong đó A: Hằng số chất phụ thuộc vào tính chất vật lý của chất bán dẫn, kích thước và hình dạng của vật.

B: Hằng số chất phụ thuộc vào tính chất vật lý của chất bán dẫn.

T: Nhiệt độ Kenvin của nhiệt điện trở.

Nhược điểm của nhiệt điện trở bán dẫn là có hệ số phi tuyến giữa điện trở với nhiệt độ. Điều này gây khó khăn cho việc có thang đo tuyến tính và việc làm lẫn giữa các nhiệt điện trở khi sản xuất hàng loạt.

Nhiệt điện trở có thể dùng mạch đo bất kỳ để đo điện trở nhưng thông thường dùng mạch cầu không cân bằng, chỉ thị là Logomet từ điện hoặc cân tự động cân bằng, trong đó một nhánh là nhiệt điện trở khi sản xuất hàng loạt.

Nếu dùng cầu 2 dây dụng cụ sẽ có sai số do sự thay đổi nhiệt điện trở của đường dây khi nhiệt độ môi trường thay đổi.

1.2.4. Đo nhiệt độ bằng cặp nhiệt ngẫu

+ Nguyên lý làm việc

Bộ cảm biến cặp nhiệt ngẫu là 1 mạch từ có 2 hay nhiều thanh dẫn điện gồm 2 dây dẫn A và B. Sebeck đã chứng minh rằng nếu mỗi hàn có nhiệt độ t và t_0 khác nhau thì trong mạch khép kín có một dòng điện chạy qua. Chiều của dòng điện này phụ thuộc vào nhiệt độ tương ứng của mỗi hàn nghĩa là $t > t_0$ thì dòng điện chạy theo hướng ngược lại. Nếu để hở một đầu thì sẽ xuất hiện một sức điện động nhiệt. Khi mỗi hàn có cùng nhiệt độ (ví dụ bằng t_0) thì sức điện động tổng bằng:

$$E_{AB} = e_{AB}(t_0) + e_{AB}(t_0) = 0$$

Từ đó rút ra: $e_{AB} = e_{AB}(t_0)$

Khi t_0 và t khác nhau thì sức điện động tổng bằng:

$$E_{AB} = e_{AB}(t) - e_{+AB}(t_0)$$

Phương trình trên là phương trình cơ bản của cặp nhiệt ngẫu (sức điện động phụ thuộc vào hệ số nhiệt độ của mạch vòng t và t₀)

Nh- vậy bằng cách đo sức điện động ta có thể tìm được nhiệt độ của đối tượng.

Phương pháp này được sử dụng nhiều trong công nghiệp khi cần đo những nơi có nhiệt độ cao.

1.2.5. IC cảm biến nhiệt độ

Có rất nhiều hãng chế tạo linh kiện điện tử đã sản xuất ra các loại IC bán dẫn dùng để đo dải nhiệt độ từ -55□150 °C. Trong các mạch tổ hợp IC, cảm biến nhiệt thường là điện áp của lớp chuyển tiếp p-n trong một loại tranzitor loại bipola.

+ Loại LM 335

IC loại LM 335 có điện áp ngõ ra tỉ lệ trực tiếp với nhiệt độ thang đo °C, điện áp ra là 10mV/ °C và sai số không tuyến tính là ±1,8 mV cho toàn thang đo. Điện áp nguồn nuôi có thể thay đổi từ 4V□30V. LM 335 được chế tạo cho 3 thang đo:

-55□150 °C loại LM 335 và LM 35D

-40□110 °C loại LM35C và LM35CA

0□100 °C loại LM35DA

+ Loại AD22100

AD22100 có hệ số nhiệt độ 22,5 mV/ °C. Điện áp ngõ ra có công thức:

$$V_{out} = (V^+/5V).(1,375V+22,5mV/ ^\circ C.T)$$

Trong đó:

V⁺: Trị số điện áp cấp

T : Nhiệt độ cần đo

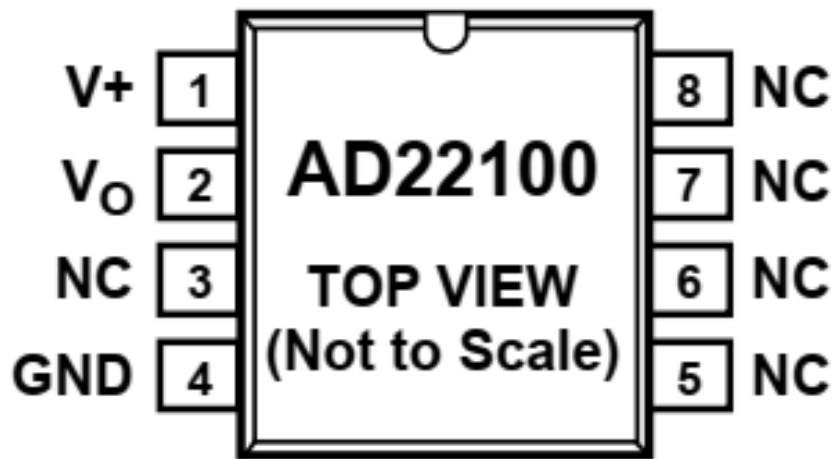
Các IC trong họ AD22100:

AD100KT/KR cho dải nhiệt độ từ 0□100°C

AD100AT/AR cho dải nhiệt độ từ -40□85°C

AD100ST/SR cho dải nhiệt độ đo từ -50□150°C

Hình dạng bên ngoài của AD22100:



Hình 1. 1. Hình dạng bên ngoài của AD22100

V^+ : Điện áp nguồn nuôi 4÷30 VDC

V_o : Đầu ra

GND : nối vào 0V

NC : bả trống

1.3. Đo nhiệt độ bằng phương pháp không tiếp xúc

+ Nguyên lý hoạt động

Dựa trên định luật bức xạ của vật đen tuyệt đối, tức là vật hấp thụ năng lượng theo mọi hướng với khả năng lớn nhất. Bức xạ nhiệt của mọi vật đặc trưng bởi mật độ phổ E_λ nghĩa là số năng lượng bức xạ trong một đơn vị độ dài của sóng.

Quan hệ giữa mật độ bức xạ của vật đen tuyệt đối với nhiệt độ và độ dài sóng được biểu diễn bởi công thức:

$$E_\lambda^0 = C_1 \cdot \lambda^{-5} (e^{C_2/\lambda T} - 1)^{-1}$$

Trong đó: C_1 : Hằng số và $C_1 = 37,03 \cdot 10^{-7} \text{ (Jm}^2/\text{s)}$

C_2 : Hằng số và $C_2 = 1,432 \cdot 10^{-2} \text{ (m.độ)}$

λ : Độ dài sóng

T: Nhiệt độ tuyệt đối

1.3.1. Hoả quang kế phát xạ

Đối với vật đen tuyệt đối năng lượng bức xạ toàn phần trên một đơn vị bề mặt $E_t^0 = \sigma \cdot T_p^4$ (với $\sigma = 4,96 \cdot 10^{-2} \text{ Jm}^2 \cdot \text{sgrad}^4$)

T_p : Nhiệt độ của vật theo lý thuyết đối với vật thực

$$E_T^0 = \epsilon_T \epsilon T_t^4$$

Trong đó : ϵ_T là hệ số bức xạ tổng, xác định tính chất của vật và nhiệt độ của nó (thường nhỏ hơn 1)

T_t : Nhiệt độ thực của vật

Hoả quang kế phát xạ được khắc độ theo bức xạ của vật đen tuyệt đối. Nhưng khi đo ở đối tượng thực thì T_p được tính theo công thức:

$$\epsilon_p T_p^4 = \epsilon_T \epsilon T_T^4$$

$$\epsilon T_T = T_p^4 \epsilon^{1/\epsilon_T}$$

(T_t bao giờ cũng nhỏ hơn T_p)

Hoả quang kế dùng để đo dải nhiệt độ từ 20 ° 100°C. khi cần đo nhiệt độ lớn (trên 100 ° 2500°C) mà tần số bước sóng đủ lớn người ta dùng 1 thấu kính bằng thạch anh hay thuỷ tinh đặc biệt để tập chung các tia phát xạ và phân tử nhạy cảm với nhiệt độ được thay bằng cặp nhiệt ngẫu. Trong nhiệt kế phát xạ thấu kính không thể đo được nhiệt độ thấp vì các tia hồng ngoại không thể xuyên qua được thấu kính (kể cả thạch anh).

Khoảng cách để đo giữa đối tượng và hoả quang kế được xác định do kích thước. Chùm tia sáng từ đối tượng đo đến dụng cụ phải trùm hết tầm nhìn ống ngắm của nhiệt kế.

Nhược điểm của tất cả các hoả quang kế là đối tượng không phải là vật đen tuyệt đối do đó trong vật nóng có sự phát xạ nội tại và dòng phát xạ nhiệt đi qua bề mặt.

1.3.2. Hoả quang kế cường độ sáng

Trong thực tế khi đo nhiệt độ T dưới 3000°C với bước sóng trong khoảng $0,40 \mu m < \lambda < 0,70 \mu m$ thì mật độ phổ bức xạ của vật đen tuyệt đối có thể biểu diễn bằng công thức:

$$E_\lambda^0 = C_1 \lambda^{-5} \cdot e^{-c_2/\lambda T}$$

Đối với vật thật:

$$E_\lambda^0 = \epsilon_\lambda \cdot C_1 \lambda^{-5} \cdot e^{-c_2/\lambda T}$$

Xác định ϵ_λ là điều rất khó, thường $\epsilon_\lambda = 0,03 \text{ } 0,7$ ở các vật liệu khác nhau và với độ sóng $\lambda = 0,6 \text{ } 0,7 \mu m$.

Nguyên lý làm việc :

So sánh cường độ sáng của đối tượng đo nhiệt độ với cường độ sáng của một nguồn sáng chuẩn trong dải phổ hẹp. Nguồn sáng chuẩn là một bóng đèn sợi đốt Vonfram sau khi đã được già hoá trong khoảng 100 giờ với nhiệt độ khoảng 2000°C. Cường độ sáng có thể điều chỉnh bằng cách thay đổi dòng điện hay dùng bộ lọc ánh sáng.

Nếu cường độ sáng của đối tượng đo lớn hơn độ sáng của dây đốt ta sẽ thấy dây thẫm trên nền sáng.

Nếu cường độ của đối tượng đo yếu hơn độ sáng của dây đốt thì kết quả sẽ cho thấy dây sáng trên nền thẫm.

Nếu độ sáng bằng nhau thì dây sẽ mất và đọc vị trí của bộ chắn sáng.

So sánh bằng mắt tuy thô sơ nhưng vẫn đảm bảo độ chính xác nhất định vì cường độ sáng thay đổi nhiều hơn gấp 10 lần so với sự thay đổi nhiệt độ.

Ánh sáng từ đối tượng đo 1 đến mẫu 10 qua khe hở và bộ lọc ánh sáng 8 cùng đặt vào tế bào quang điện 4. Sự sánh được thực hiện bằng cách lần lượt cho ánh sáng từ đối tượng đo và đèn chiếu tế bào quang điện nhờ tấm chắn 3 và sự di chuyển tấm chắn cảm ứng điện từ 9 của chuyển đổi ngược với tần số 50 Hz.

Dòng ánh sáng \square_1 và \square_2 được tế bào quang điện biến thành dòng điện, dòng điện này được đưa vào khuếch đại xoay chiều và được chỉnh lưu bằng bộ chỉnh lưu nhảy pha 6 để biến thành dòng 1 chiều và đưa vào miliampemet 7 và đèn đốt 10 thay đổi cho đến khi cường độ sáng của đối tượng đo.

Miliampemet được khắc trực tiếp giá trị nhiệt độ cho ta biết giá trị đo được. Hoả quang kế loại này có độ chính xác cao (sai số $\pm 1\%$) trong dải nhiệt đo 900 \square 2200°C.

1.3.3. Hoả quang kế màu sắc

Nguyên lý làm việc

Dựa trên phương pháp đo tỉ số cường độ bức xạ của 2 ánh sáng có bước sóng khác nhau λ_1 và λ_2 . Nếu năng lượng thu được:

$$E_1 = \varepsilon_1.C_1\lambda_1^{-5}e^{-c_2/\lambda_1T}$$

$$E_2 = \varepsilon_2.C_1\lambda_2^{-5}e^{-c_2/\lambda_2T}$$

$$\Rightarrow T = C_2(1/\lambda_1 - 1/\lambda_2) \cdot \ln(E_1 \varepsilon_2 \lambda_2 / (E_2 \varepsilon_1 \lambda_1))$$

Vì vậy trong dụng cụ đo màu sắc có thiết bị tự giải phương trình. Các giá trị $\lambda_1, \lambda_2, \varepsilon_1, \varepsilon_2$ được đưa vào trước. Nếu các thông số trên không được đưa vào trước sẽ gây nên sai số.

Khi đo đến dải nhiệt độ 2000÷ 2500⁰C thì giá trị $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ có thể xác định được bằng thực nghiệm.

Cường độ bức xạ từ đối tượng đo A qua hệ thấu kính 1 tập chung ánh sáng trên đĩa 2. Đĩa này quay quanh trục nhờ động cơ 3.

Sau khi ánh sáng qua đĩa 2 đi vào tế bào quang điện 4 trên đĩa khoan 1 số lỗ, trong đó một nửa đặt bộ lọc ánh sáng đỏ (LĐ) còn nửa kia lọc ánh sáng xanh (LX). Khi đĩa qua tế bào quang lần lượt nhận được ánh sáng đỏ và xanh với tần số nhất định tùy theo tốc độ quay của động cơ. Dòng quang điện được khuếch đại 5 từ đó đưa vào bộ chỉnh lưu pha 7.

Nhờ bộ chuyển mạch 8 tín hiệu đĩa chia thành 2 phần tùy theo ánh sáng của tế bào quang điện là xanh hay đỏ.

Tùy theo cường độ bức xạ của đối tượng đo, độ nhạy của khuếch đại được điều chỉnh tự động nhờ thiết bị 6.

Bé chia logomet từ điện: góc quay của nó tỉ lệ với nhiệt độ cần đo và bộ chuyển mạch là các role phân cực, làm việc đồng bộ với các đĩa quay, nghĩa là: sự chuyển mạch của logomet xảy ra đồng thời với sự thay đổi bộ lọc ánh sáng mà dòng bức xạ đặt lên tế bào quang điện.

- *Ưu điểm*: Trong quá trình đo không phụ thuộc vào khoảng cách từ vị trí đo đến đối tượng đo và không phụ thuộc vào sự hấp thụ bức xạ của môi trường.

- *Nhược điểm*: Cấu tạo tương đối phức tạp.

Bảng 1. 1. Bảng nhận xét chung về các loại cảm biến

Các loại cảm biến	Ưu điểm	Nhược điểm
Nhiệt điện trở	<ul style="list-style-type: none">- Ổn định nhất- Chính xác nhất- Tuyến tính hơn so với cặp nhiệt ngẫu	<ul style="list-style-type: none">- Đắt tiền- Cần phải cung cấp nguồn dòng- Lượng thay đổi $\propto R$ khá- Điện trở tuyệt đối thấp- Tự gia tăng nhiệt
Cặp nhiệt ngẫu	<ul style="list-style-type: none">- Là thành phần tích cực, tự cung cấp công suất- Đơn giản, rẻ tiền- Tầm thay đổi rộng- Tầm đo nhiệt độ rộng	<ul style="list-style-type: none">- Phi tuyến- Điện áp cung cấp thấp- Đòi hỏi điện áp tham chiếu- Kém ổn định nhất- Kém nhạy nhất
IC cảm biến	<ul style="list-style-type: none">- Tuyến tính nhất- Ngõ ra có giá trị cao nhất- Rẻ tiền	<ul style="list-style-type: none">- Nhiệt độ đo thấp- Cần cung cấp nguồn dòng cho Cảm biến
Đo bằng phương pháp không tiếp xúc	<ul style="list-style-type: none">- Tầm đo nhiệt độ rộng	<ul style="list-style-type: none">- Cấu tạo phức tạp

Chương 2 Tìm hiểu về cấu trúc vi xử lý Arduino Nano

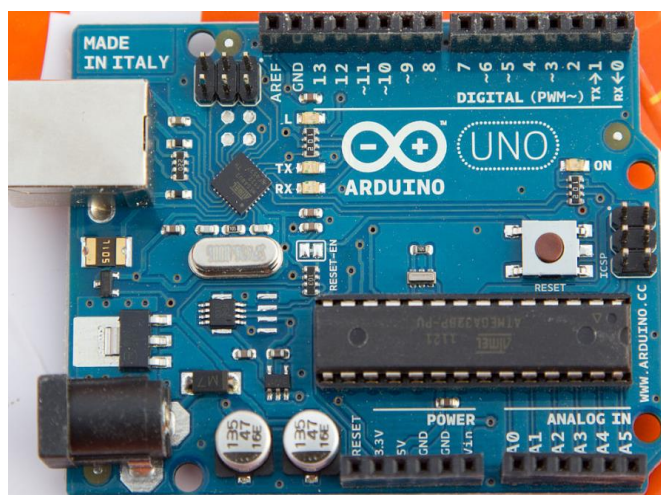
2.1. Tổng quan về chip arduino nano

2.1.1. Arduino nano là gì

Vi xử lý Arduino được ra đời vào năm 2005, bo mạch này giúp cho những người không cần hiểu quá sâu về cấu trúc phần cứng, cũng có thể làm được các ứng dụng có khả năng tương tác với môi trường thông qua các cảm biến và cơ cấu chấp hành. Bo mạch vi xử lý Arduino với tên gọi khác nhau như:

- + Arduino UNO
- + Arduino Mega 2560 Mega
- + Arduino Due
- + Arduino Nano
- + Arduino Diecimila in Stoicheia
- + LilyPad Arduino
- + Arduino Duemilanove (rev 2009b)
- + Arduino Leonardo

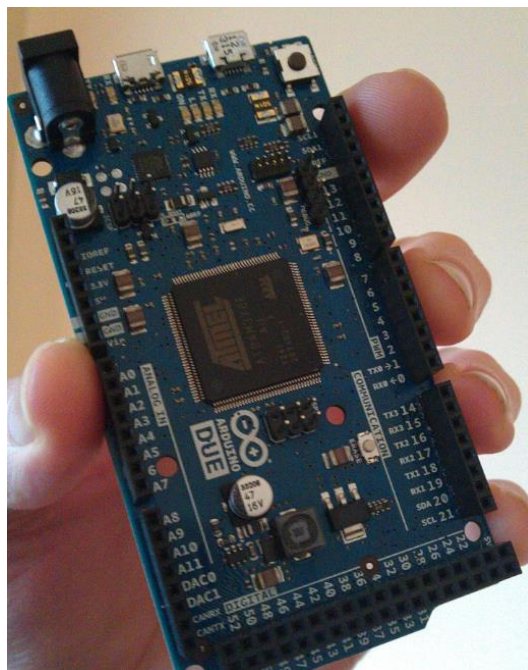
Cộng đồng Arduino Việt Nam có sử dụng nhiều các dạng bo mạch sau. Arduino UNO, Arduino Mega 2560 Mega, Arduino Due. Trong đó Arduino Nano được sử dụng trong đồ án này.



Hình 2. 1. Bo mạch Arduino UNO

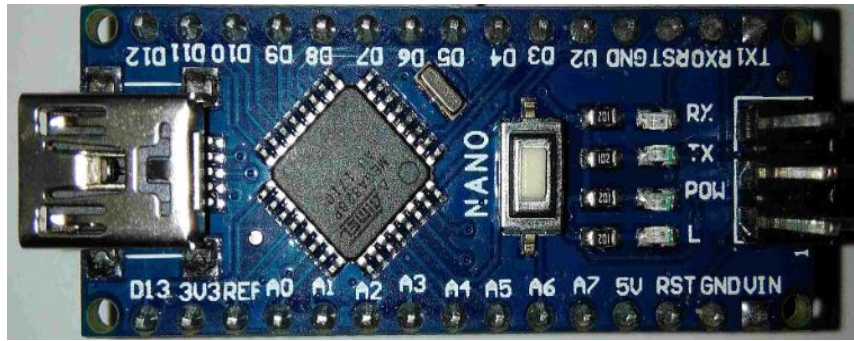


Hình 2. 2. Bo mạch Arduino MEGA 2560



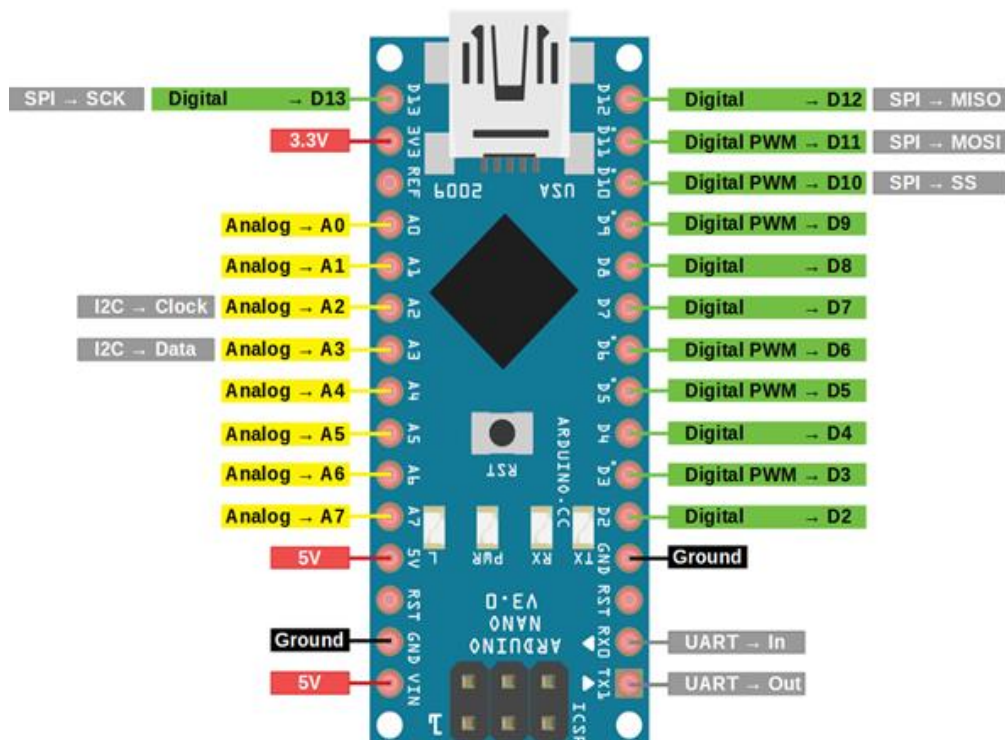
Hình 2. 3. Bo mạch Arduino Due

Ardunino Nano cảm nhận đó là sự tiện dụng, đơn giản, có thể lập trình trực tiếp bằng máy tính (như Ardunino Uno R3) và đặc biệt hơn cả đó là kích thước của nó. Kích thước của **Ardunino Nano** cực kì nhỏ chỉ tương đương đồng 2 nghìn gấp lại 2 lần thôi (1.85cm x 4.3cm), rất thích hợp cho các bạn mới bắt đầu học Ardunino, vì giá rẻ hơn Ardunino Uno R3 nhưng dùng được tất cả các thư viện của mạch này.



Hình 2. 4. Hình ảnh thực tế của Arduino Nano

+ Arduino Nano Pinout



Hình 2. 5. Các chân đầu vào/ra của Arduino nano

Bảng 2. 1. Chức năng của các chân

Thứ tự chân	Tên Pin	Kiểu	Chức năng
1	D1 / TX	I / O	Ngõ vào/ra số Chân TX-truyền dữ liệu
2	D0 / RX	I / O	Ngõ vào/ra số Chân Rx-nhận dữ liệu
3	RESET	Đầu vào	Chân reset, hoạt động ở mức thấp
4	GND	Nguồn	Chân nối mass
5	D2	I / O	Ngõ vào/ra digital
6	D3	I / O	Ngõ vào/ra digital

7	D4	I / O	Ngõ vào/ra digital
8	D5	I / O	Ngõ vào/ra digital
9	D6	I / O	Ngõ vào/ra digital
10	D7	I / O	Ngõ vào/ra digital
11	D8	I / O	Ngõ vào/ra digital
12	D9	I / O	Ngõ vào/ra digital
13	D10	I / O	Ngõ vào/ra digital
14	D11	I / O	Ngõ vào/ra digital
15	D12	I / O	Ngõ vào/ra digital
16	D13	I / O	Ngõ vào/ra digital
17	3V3	Đầu ra	Đầu ra 3.3V (từ FTDI)
18	AREF	Đầu vào	Tham chiếu ADC
19	A0	Đầu vào	Kênh đầu vào tương tự kênh 0
20	A1	Đầu vào	Kênh đầu vào tương tự kênh 1
21	A2	Đầu vào	Kênh đầu vào tương tự kênh 2
22	A3	Đầu vào	Kênh đầu vào tương tự kênh 3
23	A4	Đầu vào	Kênh đầu vào tương tự kênh 4
24	A5	Đầu vào	Kênh đầu vào tương tự kênh 5
25	A6	Đầu vào	Kênh đầu vào tương tự kênh 6
26	A7	Đầu vào	Kênh đầu vào tương tự kênh 7
27	+ 5V	Đầu ra hoặc đầu vào	+ Đầu ra 5V (từ bộ điều chỉnh On-board) hoặc + 5V (đầu vào từ nguồn điện bên ngoài)
28	RESET	Đầu vào	Chân đặt lại, hoạt động ở mức thấp
29	GND	Nguồn	Chân nối mass
30	VIN	Nguồn	Chân nối với nguồn vào

Bảng 2. 2. Bảng chân ICSP

Tên pin Arduino Nano ICSP	Kiểu	Chức năng
MISO	Đầu vào hoặc đầu ra	Master In Slave Out
Vcc	Đầu ra	Cấp nguồn
SCK	Đầu ra	Tạo xung cho
MOSI	Đầu ra hoặc đầu vào	Master Out Slave In
RST	Đầu vào	Đặt lại, Hoạt động ở mức thấp
GND	Nguồn	Chân nối đất

- + Các chân: 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 và 16

Như đã đề cập trước đó, Arduino Nano có 14 ngõ vào/ra digital. Các chân làm việc với điện áp tối đa là 5V. Mỗi chân có thể cung cấp hoặc nhận dòng điện 40mA và có điện trở kéo lên khoảng 20-50k Ω . Các chân có thể được sử dụng làm đầu vào hoặc đầu ra, sử dụng các hàm pinMode (), digitalWrite () và digitalRead ().

Ngoài các chức năng đầu vào và đầu ra số, các chân này cũng có một số chức năng bổ sung.

- + Chân 1, 2: Chân nối tiếp

Hai chân nhận RX và truyền TX này được sử dụng để truyền dữ liệu nối tiếp TTL. Các chân RX và TX được kết nối với các chân tương ứng của chip nối tiếp USB tới TTL.

- + Chân 6, 8, 9, 12, 13 và 14: Chân PWM

Mỗi chân số này cung cấp tín hiệu điều chế độ rộng xung 8 bit. Tín hiệu PWM có thể được tạo ra bằng cách sử dụng hàm analogWrite ().

- + Chân 5, 6: Ngắt

Khi chúng ta cần cung cấp một ngắt ngoài cho bộ xử lý hoặc bộ điều khiển khác, chúng ta có thể sử dụng các chân này. Các chân này có thể được sử dụng để cho phép ngắt INT0 và INT1 tương ứng bằng cách sử dụng hàm attachInterrupt (). Các chân có thể được sử dụng để kích hoạt ba loại ngắt như ngắt trên giá trị thấp, tăng hoặc giảm mức ngắt và thay đổi giá trị ngắt.

- + Chân 13, 14, 15 và 16: Giao tiếp SPI

Khi ta không muốn dữ liệu được truyền đi không đồng bộ, ta có thể sử dụng các chân ngoại vi nối tiếp này. Các chân này hỗ trợ giao tiếp đồng bộ với SCK. Mặc dù phần cứng có tính năng này nhưng phần mềm Arduino lại không có. Vì vậy, ta phải sử dụng thư viện SPI để sử dụng tính năng này.

- + Chân 16: Led

Khi bạn sử dụng chân 16, đèn led trên bo mạch sẽ sáng.

- + Chân 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 và 26 : Ngõ vào/ra tương tự

Như đã đề cập trước đó UNO có 6 chân đầu vào tương tự nhưng Arduino Nano có 8 đầu vào tương tự (19 đến 26), được đánh dấu A0 đến A7. Điều này có nghĩa là ta có thể kết nối 8 kênh đầu vào tương tự để xử lý. Mỗi chân tương tự này có một ADC có độ phân giải 1024 bit (do đó nó sẽ cho giá trị 1024). Theo mặc định, các chân được đo từ mặt đất đến 5V. Nếu ta muốn điện áp tham chiếu là 0V đến 3.3V, có thể nối với nguồn 3.3V cho chân AREF (pin thứ 18) bằng cách sử dụng chức năng `analogReference()`. Tương tự như các chân digital trong Nano, các chân analog cũng có một số chức năng khác.

- + Chân 23, 24 như A4 và A5: chuẩn giao tiếp I2C

Khi giao tiếp SPI cũng có những nhược điểm của nó như cần 4 chân và giới hạn trong một thiết bị. Đối với truyền thông đường dài, cần sử dụng giao thức I2C. I2C hỗ trợ chỉ với hai dây. Một cho xung (SCL) và một cho dữ liệu (SDA). Để sử dụng tính năng I2C này, chúng ta cần phải nhập một thư viện có tên là Thư viện Wire.

- + Chân 18: AREF

Điện áp tham chiếu cho đầu vào dùng cho việc chuyển đổi ADC.

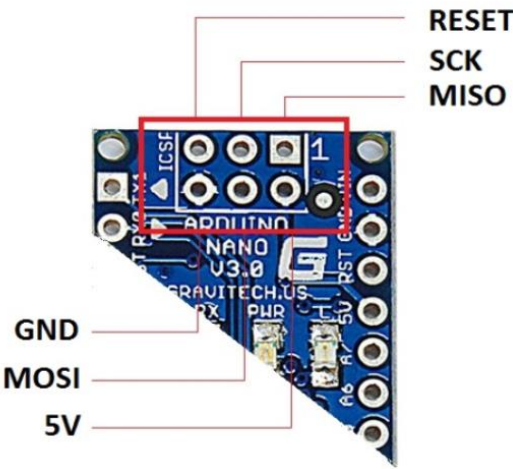
- + Chân 28 : RESET

Đây là chân reset mạch khi chúng ta nhấn nút rên bo. Thường được sử dụng để được kết nối với thiết bị chuyển mạch để sử dụng làm nút reset.

ICSP

ICSP là viết tắt của In Circuit Serial Programming , đại diện cho một trong những phương pháp có sẵn để lập trình bảng Arduino. Thông thường, một chương trình bộ nạp khởi động Arduino được sử dụng để lập trình một bảng Arduino, nhưng nếu bộ nạp khởi động bị thiếu hoặc bị hỏng, ICSP có

thể được sử dụng thay thế. ICSP có thể được sử dụng để khôi phục bộ nạp khởi động bị thiếu hoặc bị hỏng.



Hình 2. 6. In Circuit Serial Programming

Mỗi chân ICSP thường được kết nối với một chân Arduino khác có cùng tên hoặc chức năng. Ví dụ: MISO của Nano nối với MISO / D12 (Pin 15). Lưu ý, các chân MISO, MOSI và SCK được ghép lại với nhau tạo nên hầu hết giao diện SPI.

Chúng ta có thể sử dụng Arduino để lập trình Arduino khác bằng ICSP này.

Arduino là ISP	ATMega328
Vcc/5V	Vcc
GND	GND
MOSI/D11	D11
MISO/D12	D12
SCK/D13	D13
D10	Reset

2.1.2. Thông số kỹ thuật Arduino Nano

Bảng 2. 3. Bảng thông số kỹ thuật của Arduino Nano

Vi điều khiển	ATmega328
Điện áp hoạt động	5 VDC

2.2. Thiết kế nguồn nuôi cho vi xử lý

2.2.1. Chuyển nguồn AC~220V sang DC-12V



Hình 2. 8. Mạch chuyển nguồn từ AC~220V sang DC-12V

Thông số kỹ thuật

- + Điện áp vào: 100V - 240V AC
- + Điện áp ra: 12V - 2A
- + Tần số: 50 - 60 Hz

2.2.2. Chuyển nguồn từ DC-12V sang DC-5V



Hình 2. 9. Bo mạch sử dụng IC LM2596

Thông số cơ bản của IC LM2596:

IC LM2596 là một IC ổn áp dạng xung DC-DC. Điện áp đầu vào trong dải từ 4,5V-40V. Điện áp đầu ra điều chỉnh được trong khoảng từ 1,5V-37V,

dòng điện áp đầu ra đạt 3A hiệu suất cao nhờ cơ chế băm xung ở tần số lên tới 150KHz. Trong quá trình hoạt động LM2596 luôn được đặt trong các chế độ bảo vệ quá nhiệt vào quá dòng.

Thông số cơ bản:

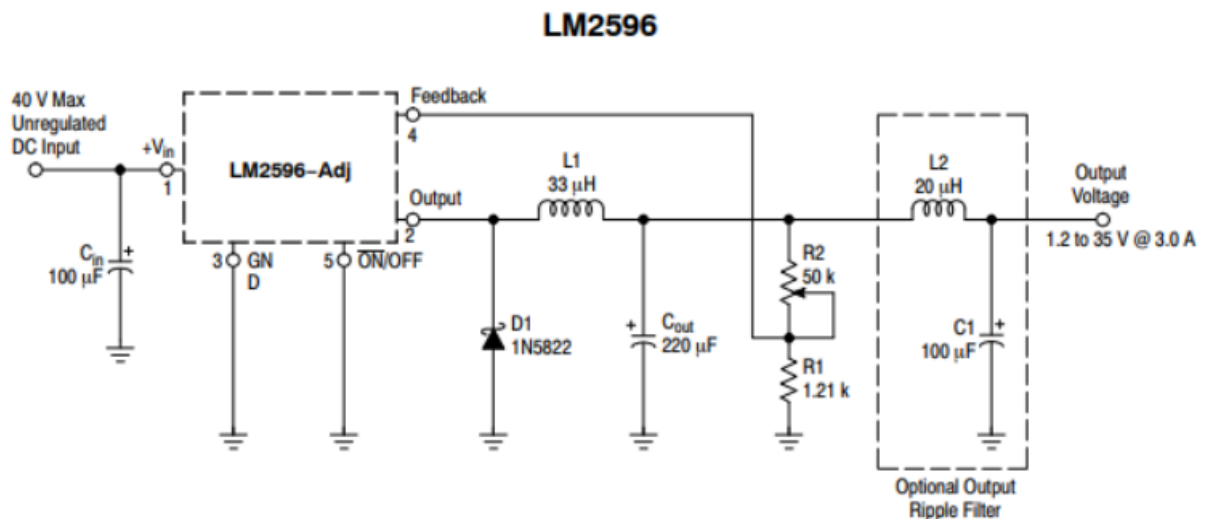
IC LM 2596 có 5 chân

- + Chân 1: Vin từ 4,5 ~ 40V
- + Chân 2: Vout
- + Chân 3: GND
- + Chân 4: Feedback (chân phản hồi điện áp)
- + Chân 5: ON/OFF chân tắt bật mức logic

Điện áp đầu vào: 4.5-40V DC (điện áp khuyến khích sử dụng <30V).

Điện áp đầu ra: 1,5~37V.

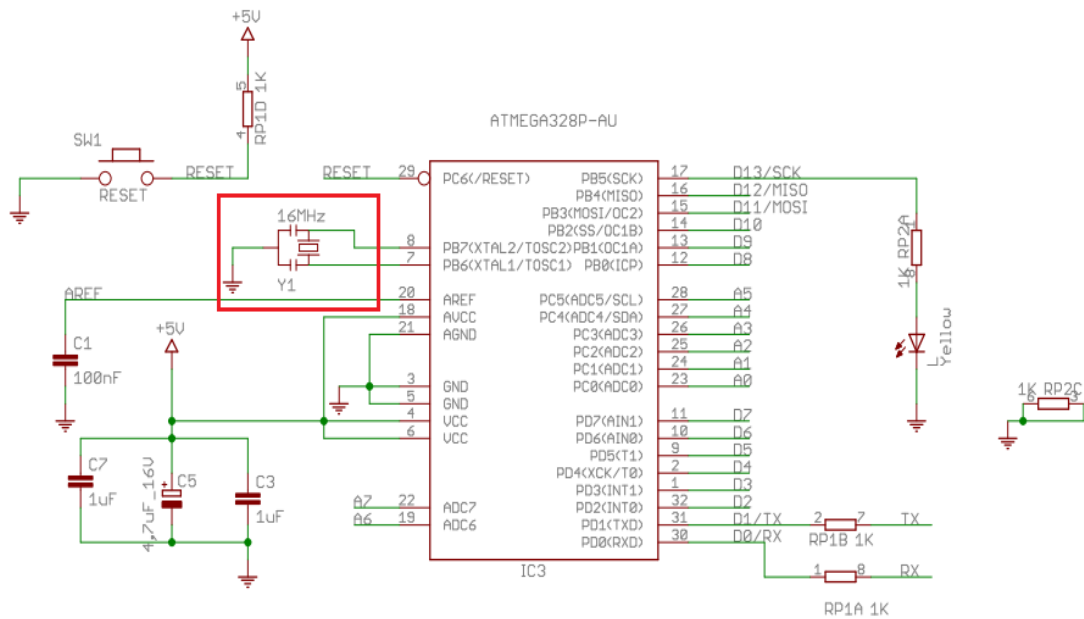
Dòng ra max(3A).



Hình 2. 10. Sơ đồ mạch nguyên lý LM2596

2.3. Thiết kế mạch dao động

Mạch dao động tạo ra các xung Clock giúp cho vi điều khiển hoạt động. thực thi lệnh... Board mạch Arduino Nano sử dụng thạch anh 16Mhz làm nguồn dao động.



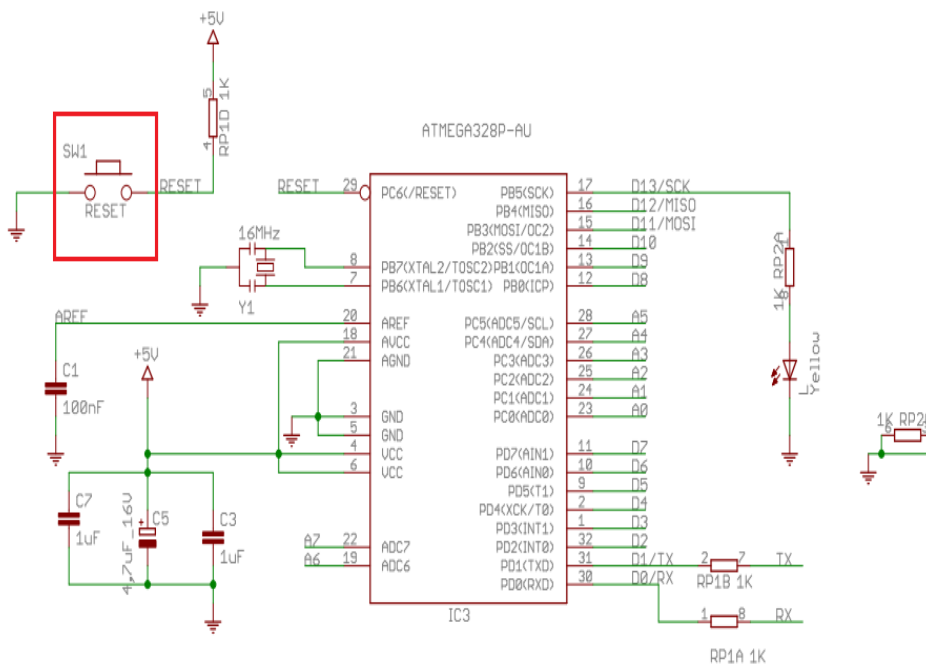
Hình 2. 11. Sơ đồ mạch nguyên lý Arduino Nano sử dụng dao động thạch anh

2.4. Mạch Reset

Để vi điều khiển thực hiện khởi động lại thì chân RESET phải ở mức logic LOW ($\sim 0V$) trong 1 khoảng thời gian đủ yêu cầu.

Mạch reset của board Arduino Nano phải đảm bảo được 2 việc:

- Reset bằng tay: Khi nhấn nút, chân RESET nối với GND, làm cho MCU RESET. Khi không nhấn nút chân Reset được kéo 5V.



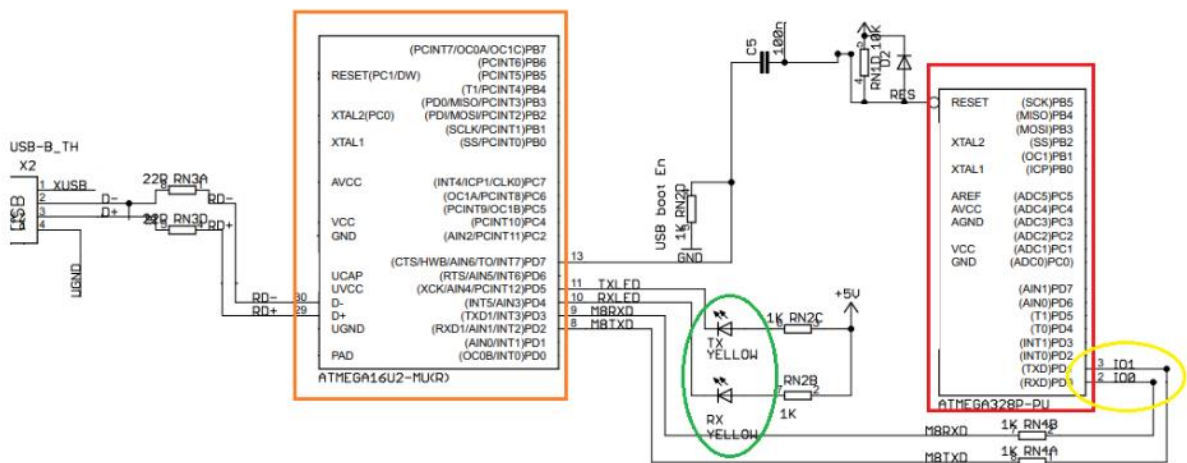
Hình 2. 12. Sơ đồ mạch Reset

- Reset tự động: Reset tự động được thực hiện ngay khi cấp nguồn cho vi điều khiển nhờ sự phối hợp giữa điện trở nối lên nguồn và tụ điện nối đất. Thời gian tụ điện cho chân RESET ở mức LOW trong 1 khoảng thời gian đủ để vi điều khiển thực hiện reset.
- Khởi động vi điều khiển trước khi nạp chương trình mới.

2.5. Thiết kế mạch nạp và giao tiếp máy tính

Vi điều khiển Atmega328P trên Board Arduino Nano đã được nạp sẵn 1 bootloader, cho phép nhận chương trình mới thông qua chuẩn giao tiếp UART (Chân 0 và 1) ở giữa những giây đầu sau khi vi điều khiển Reset.

- Máy tính giao tiếp với Board mạch Arduino Nano qua chuẩn giao tiếp USB (D+/D-), thông qua một IC Driver. IC này có nhiệm vụ chuyển đổi giao tiếp USB thành chuẩn giao tiếp UART để nạp chương trình hoặc giao tiếp truyền nhận dữ liệu với máy tính (Serial).
- Phần thiết kế mạch nạp có tích hợp thêm 2 đèn LED, nên khi nạp chương trình các bạn sẽ thấy 2LED này nhấp nháy. Còn khi giao tiếp, nếu có giữ liệu từ máy tính gửi xuống vi điều khiển thì đèn LED Rx sẽ nhấp. Còn nếu có dữ liệu từ vi điều khiển gửi lên máy tính thì đèn Tx sẽ nhấp.



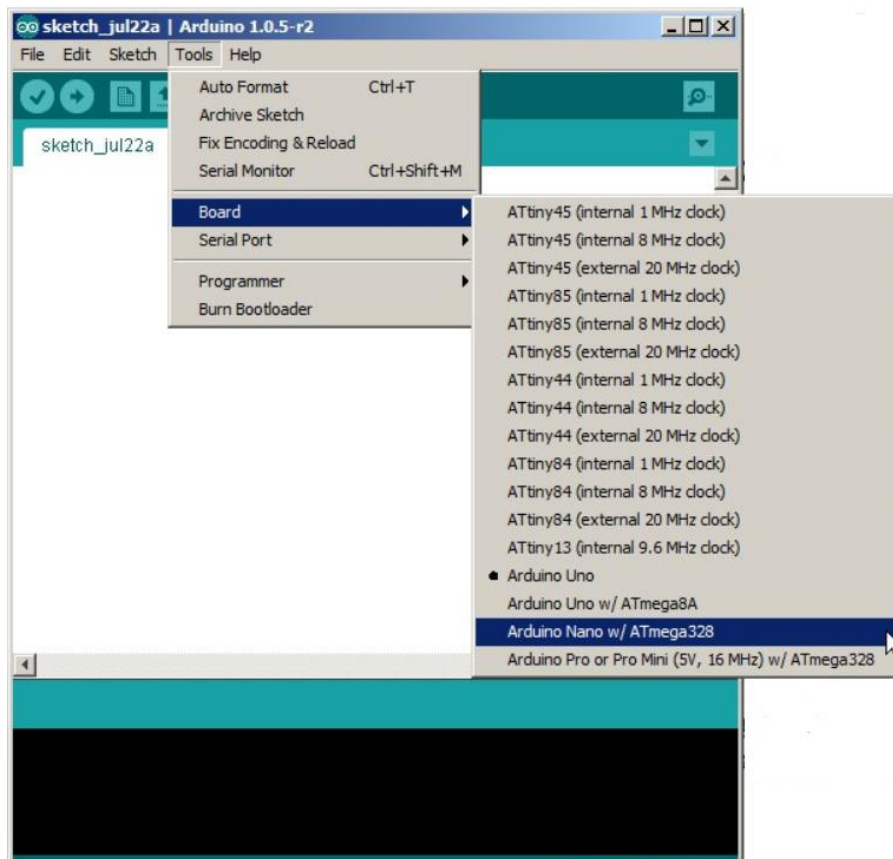
Hình 2. 13. Mạch kết nối máy tính

2.6. Lập trình cho Arduino Nano

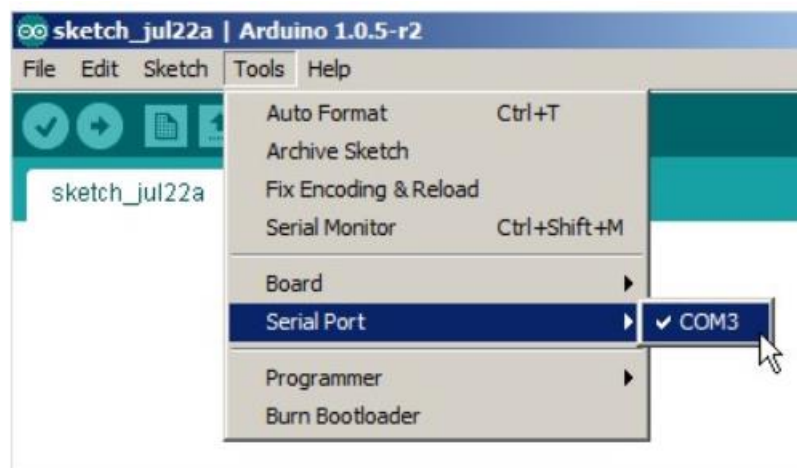
Cũng tương tự như bên Arduino UNO R3, **Arduino Nano** sử dụng chương trình Arduino IDE để lập trình, và ngôn ngữ lập trình cho Arduino cũng tên là

Arduinino (được xây dựng trên ngôn ngữ C). Tuy nhiên, nếu muốn lập trình cho Arduino Nano, bạn cần phải thực hiện một số thao tác trên máy tính.

1. Đầu tiên, bạn cần cài Driver của Arduino Nano và tải về bản Arduino IDE mới nhất cho máy tính, các bước cài đặt hoàn toàn tương tự như Arduino Uno R3. Sau khi cài đặt, bạn sẽ thấy một thông báo dạng cổng COM, sau đó chúng ta chọn COM để kết nối với máy tính.
2. Sau đó, bạn cần lại loại board và cổng Serial mới như hình sau là được.



Hình 2. 14. Lựa chọn dòng Arduino



Hình 2. 15. Chọn cổng giao tiếp cho Arduino

Chương 3 Thiết kế, chế tạo máy đo thân nhiệt từ xa sử dụng cảm biến không tiếp xúc

3.1. Cảm biến TN901

3.1.1. Lý thuyết về hoạt động

+ Nguyên tắc hoạt động

1 Mô tả chung

Tài liệu này mô tả hướng dẫn sử dụng của TNm Series (TN0; TN9).

Phiên bản tháng 7 năm 2006

Bản quyền:

Tất cả các quyền. Nghiêm cấm sao chép toàn bộ hoặc một phần theo bất kỳ cách nào mà không sự cho phép bằng văn bản của ZyTem.com. Thông tin này có trong tài liệu này có thể thay đổi mà không cần thông báo.

Bảo hành có giới hạn:

Bảng dữ liệu này chứa thông tin cụ thể về các sản phẩm được sản xuất tại thời điểm xuất bản,

Nội dung ở đây không cấu thành bảo hành.

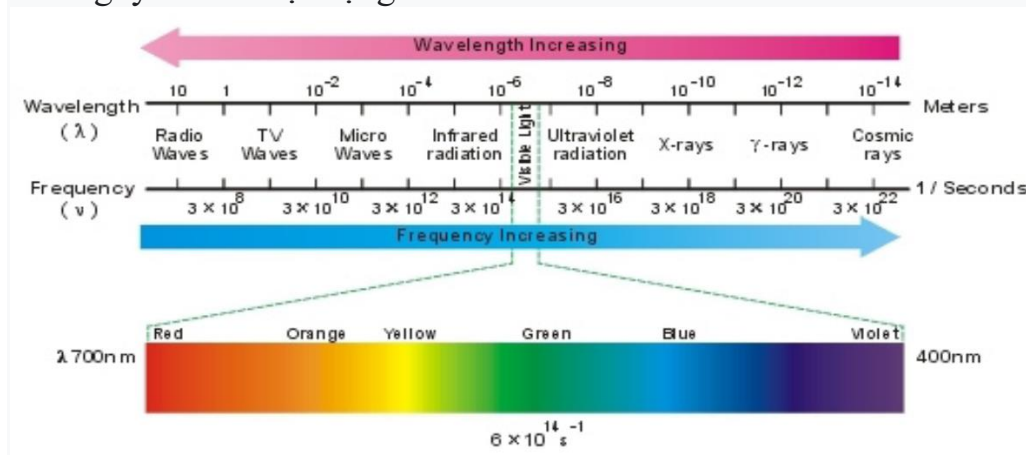
Lời cảm ơn nhãn hiệu:

Tất cả thương hiệu là tài sản của chủ sở hữu tương ứng của họ.

Lý thuyết về hoạt động

2 Lý thuyết về hoạt động

2.1 Nguyên tắc hoạt động



Hình 1. Phổ bức xạ hồng ngoại

Hồng ngoại, giống như bất kỳ tia sáng nào, là Bức xạ điện từ, với tần số thấp hơn (hoặc dài hơn

bước sóng) so với ánh sáng thị giác. Mọi thứ trên độ không tuyệt đối (-273,15 độ C hoặc 0 độ

Kelvin), bức xạ trong tia hồng ngoại. Ngay cả khối đá, tuyết, tủ lạnh của bạn cũng phát ra tia hồng ngoại.

Định luật Stefan-Boltzmann, trong đó tổng năng lượng bức xạ tỷ lệ với lũy thừa thứ tư của

hiệt độ tuyệt đối và Định luật dịch chuyển Wien, tích của bước sóng cực đại và nhiệt độ được coi là một hằng số, được thực hiện trong mô-đun nhiệt kế hồng ngoại TNm.

Bức xạ hồng ngoại của mục tiêu đo được thu thập bằng gương hồng ngoại thông qua bộ lọc IR 5 hoặc

8um cắt tần số đối với đầu báo nhiệt hồng ngoại. Tín hiệu dò sẽ được khuếch đại và số hóa bằng bộ chuyển đổi OP và AD độ nhiễu thấp và tuyến tính cao. Nhiệt độ môi trường xung quanh cảm biến (thường được bao gồm trong cùng một gói với máy dò nhiệt) được đặt trong không gian gần hệ thống quang học để phát hiện sự thay đổi nhanh chóng của nhiệt độ môi trường. Phần xử lý tín hiệu nhận các tín hiệu từ các cảm biến nhiệt độ này để tính toán nhiệt độ bề mặt mục tiêu bằng thuật toán toán học.

2.2 Đặc điểm của thiết kế

- Mô-đun nhiệt kế hồng ngoại TNm được thiết kế đặc biệt để có độ nhạy cao, độ chính xác cao,
- tiếng ồn thấp và tiêu thụ điện năng thấp. Một số tính năng thiết kế góp phần vào hiệu suất:
- Máy dò nhiệt dẻo MEMS và kỹ thuật bù nhiệt độ môi trường chính xác cao cẩn thận được sử dụng cho mô-đun nhiệt kế hồng ngoại TNm.
- ZyTemp đã phát triển một thiết bị Hồng ngoại-Hệ thống-Trên-Chip độc quyền tích hợp tất cả các mục phần cứng vào một IC. Sử dụng công nghệ SoC cải tiến này, hồng ngoại TNm mô-đun nhiệt kế đã trở thành một sản phẩm nhỏ gọn và giá cả phải chăng.
- Sản phẩm của ZyTemp có thể chịu được sốc nhiệt 10degC / 18degF một cách trung thực. Sản phẩm của chúng tôi thành thạo trong việc duy trì độ chính xác trong các điều kiện môi trường thay đổi rộng rãi. Đối với ví dụ,

các lỗi do thay đổi môi trường của các IRT cũ hơn có thể đạt đến 1,6degC, yêu cầu lên đến 30 phút để ổn định, trong khi chênh lệch lỗi TNm của ZyTemp chỉ là 0,7degC, cần chỉ 7 phút để khôi phục lại.

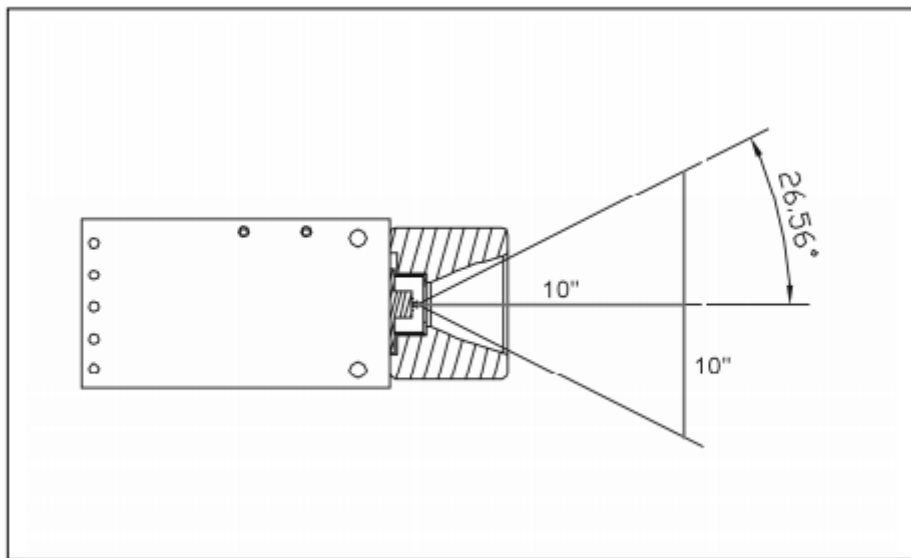
- Các sản phẩm TNm hoạt động từ nguồn điện 3 Volt, trong khi nhiều IRT cũ khác vẫn yêu cầu Nguồn cung cấp 9 Volt.
- ZyTemp đã duy trì nhiệt độ có thể theo dõi của NIST hoặc Phòng thí nghiệm đo lường quốc gia tiêu chuẩn sơ cấp. Tất cả các sản phẩm TNm đều được hiệu chuẩn theo tiêu chuẩn hồng ngoại có thể theo dõi các nguồn. Dữ liệu hiệu chuẩn và số sê-ri được lưu trong EEPROM trên mô-đun

2.3 Trường nhìn

D: S = 1: 1 là gì

Thiết bị này có D: S = 1: 1

Khoảng cách: Spot = 1: 1



Hình 2. Trường nhìn

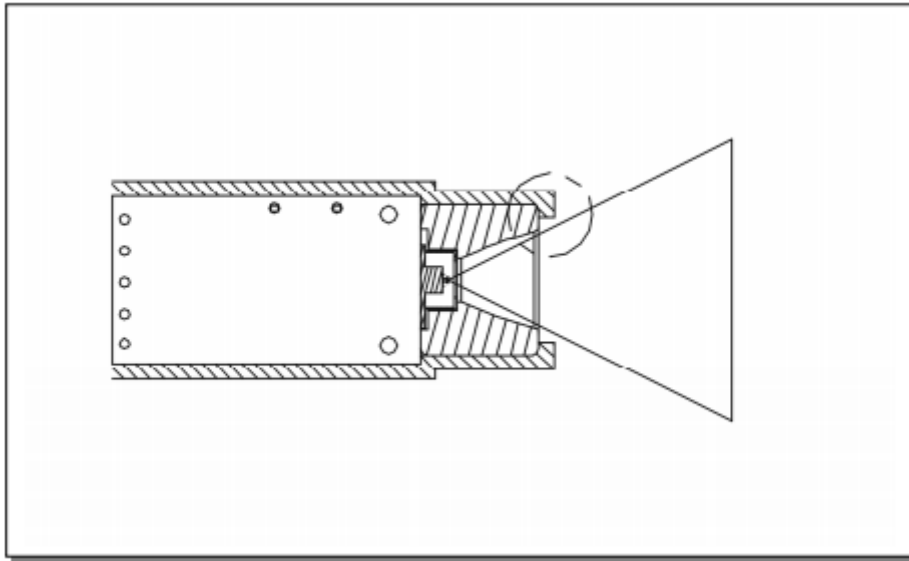
Khi Khoảng cách là 10 inch, thì kích thước điểm đo cũng là 10 inch.

Khi Khoảng cách là 20 inch, thì kích thước điểm đo cũng là 20 inch.

Nói cách khác, FOV (Trường nhìn) là $26,6 \times 2 = 53,2$ độ

Cẩn thận với họa tiết

Thiết kế tốt, không có họa tiết

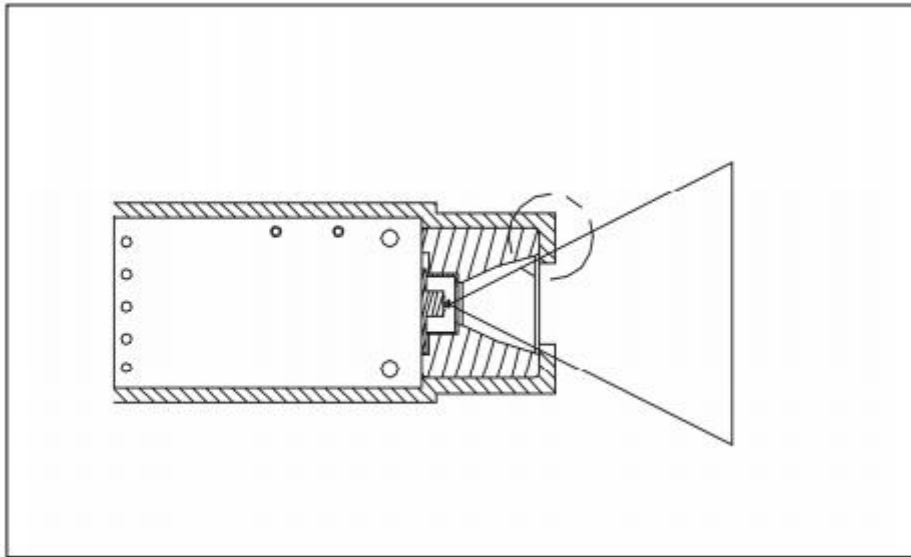


Hình 3. Trường nhìn thiết kế tốt

Họa tiết thiết kế xấu

Cảm biến "nhìn thấy" cạnh của vỏ

Vì vậy, phép đo trên thực tế là giá trị trung bình của mục tiêu thực và cạnh của nhà ở.



Hình 4. Trường xem thiết kế xấu

2.4 Tính sai sót

Hiểu được độ phát xạ của một đối tượng, hoặc "độ phát xạ" đặc trưng của nó là một thành phần quan trọng trong xử lý thích hợp các phép đo hồng ngoại. Cụ thể, độ phát xạ là tỷ lệ bức xạ phát ra bởi một bề mặt hoặc vật đen và bức xạ lý thuyết của nó được dự đoán từ định luật Planck. Vật liệu của độ phát xạ bề mặt được đo bằng lượng năng lượng phát ra khi bề mặt trực tiếp Được Quan sát. Có nhiều biến ảnh hưởng đến độ phát xạ của một đối tượng cụ thể, chẳng hạn như bước sóng quan tâm, trường nhìn, hình dạng hình học của vật đen và nhiệt độ. Tuy nhiên, đối với mục đích và ứng dụng của người sử dụng nhiệt kế hồng ngoại, một bảng toàn diện hiển thị độ phát xạ ở nhiệt độ tương ứng của các bề mặt và vật thể khác nhau được hiển thị. Vui lòng truy cập trang web của ZyTemp: <http://www.zytemp.com/tutorial/emissivity.asp> để kiểm tra độ phát xạ của các vật liệu quan tâm.

3 Đặc điểm kỹ thuật

3.1 Xếp hạng tối đa tuyệt đối

Đặc điểm	Ký hiệu	Xếp hạng
Điện áp cung cấp DC	V_+	<7.0V

Dải điện áp đầu vào	V_{IN}	-0.5 to $V_+ + 0.5V$
---------------------	----------	----------------------

Lưu ý: Các ứng suất vượt quá những gì được đưa ra trong bảng Xếp hạng Tối đa Tuyệt đối có thể gây ra lỗi vận hành hoặc hư hỏng thiết bị. Đối với các điều kiện hoạt động bình thường, xem đặc tính điện AC / DC.

3.2 Đặc tính DC

Đặc điểm	Ký hiệu	Nhỏ	Typ	Lớn	Đơn vị	Kiểm tra điều kiện
Điện áp hoạt động	VDD	2.5	-	3.6	V	
Hoạt động hiện tại	I_{OP}	-	4	6	mA	VDD= 3.0V, $F_{CPU}=600KHz$
Dự phòng hiện tại	I_{STBY}	-	2	3	μA	VDD=3.0V
Đầu vào cấp cao	V_{IH}	2.0	-	0	V	VDD=3.0V
Đầu vào mức thấp	V_{IL}	-	-	0.8	V	VDD=3.0V
Đầu ra cấp I	I_{OH}	-	-2.0	-	mA	VDD=3.0V, $V_{OH}=2.4V$
Hướng dòng điện đầu ra	I_{OL}	-	2.5	-	mA	VDD=3,0V, $V_{OH}=0.8V$

(VDD = 4.5V, $T_A = 25^{\circ}C$)

Đặc điểm	Ký hiệu	Nhỏ	Typ	Lớn	Đơn vị	Kiểm tra điều kiện
Điện áp hoạt động	VDD	3.6	-	5.0	V	
Hoạt động hiện tại	I_{OP}	-	6	9	mA	VDD=4.5V, $F_{CPU}=600KHz$
Dự phòng hiện tại	I_{STBY}	-	3	4.5	μA	VDD=4.5V
Đầu vào cấp cao	V_{IH}	3.0	-	-	μA	VDD=4.5V
Đầu vào mức thấp	V_{IL}	-	-	0.8	μA	VDD=4.5V
Đầu ra cấp I	I_{OH}	-	-2.0	-	mA	VDD=4.5V, $V_{OH}=3.5V$
Hướng dòng điện đầu ra	I_{OL}	-	2.5	-	mA	VDD=4.5V, $V_{OL}=0.8V$

3.3 Đặc điểm kỹ thuật đo lường

Phạm vi đo lường	-33~220°C / -27~428°F
Phạm vi hoạt động	-10~50°C / 14~122°F
Độ chính xác $T_{obj} = 15 \sim 35^{\circ}C$, $T_{amb} = 25^{\circ}C \rightarrow$	+/-0.6°C

Độ chính xác toàn dải #AC	+/-2%, 2°C
Độ phân giải	1/16°C=0.0625 (Phạm vi đầy đủ)
Thời gian phản hồi (90%)	1 sec
Tỉ lệ	1:1
Phát Xạ	0.01~1 step.01
Tần số cập nhật	1.4Hz
Kích thước	12x13.7x35mm
Chiều dài sóng	5um-14um
Cân nặng	9g
Nguồn cấp	3V or 5V Option

3.4 Gán chân của TN0; TN9

Cảnh báo: Kích thước trong bản vẽ này chỉ mang tính chất tham khảo.

Đối với kích thước thực tế, vui lòng tải xuống từ

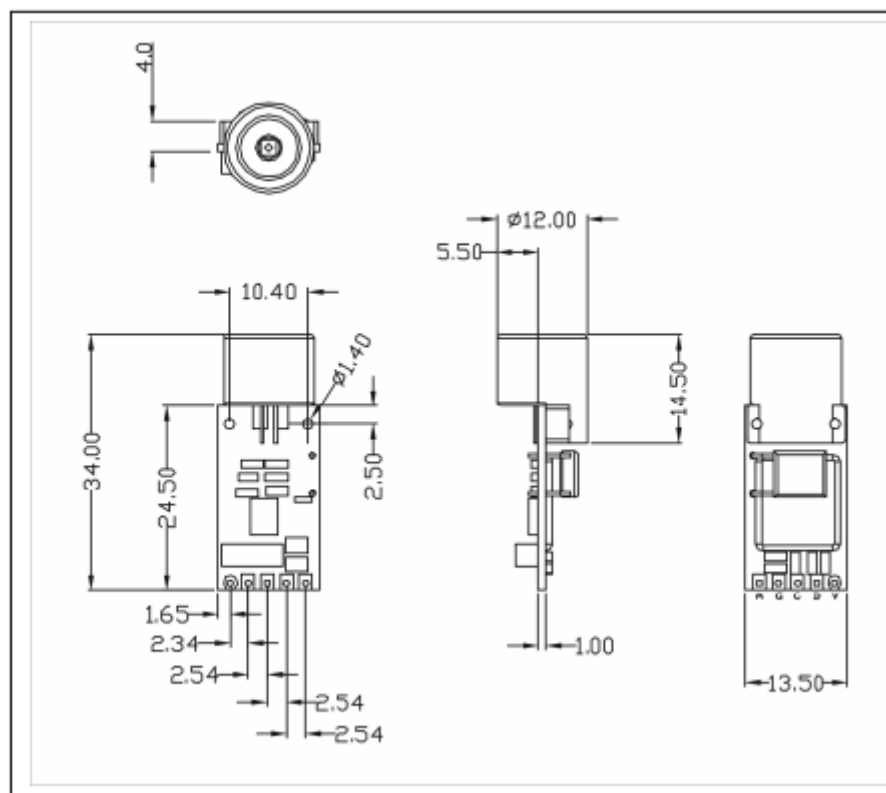
<http://www.ZyTemp.com/products/download/ExtDrawing.asp>

V: Vdd

G: GND

D: Dữ liệu (Dữ liệu nối tiếp) C: Đồng hồ (Đồng hồ nối tiếp) A: Chân hành động
(*kéo xuống* thấp để đo, *thả nổi* trong khi ghi dữ liệu vào IRT)

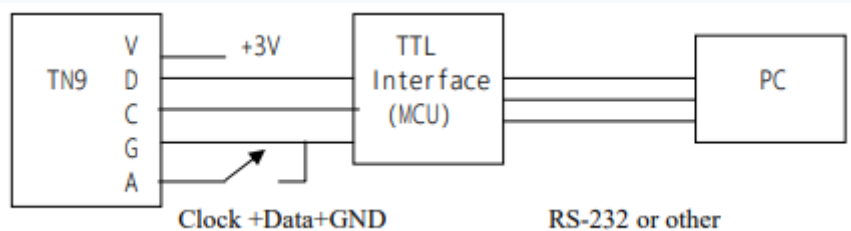
Ghi chú: TN0; TN9 có cùng một phân công pin.



Hình 5. Hình vẽ bên ngoài mô-đun

4 đầu ra nối tiếp

4.1 Sơ đồ điện hình



Hình 6. Sơ đồ điện hình

Giao diện TN9 đến TTL (MCU)

V: Vcc

D: Dữ liệu

C: Đồng hồ (2KHz)

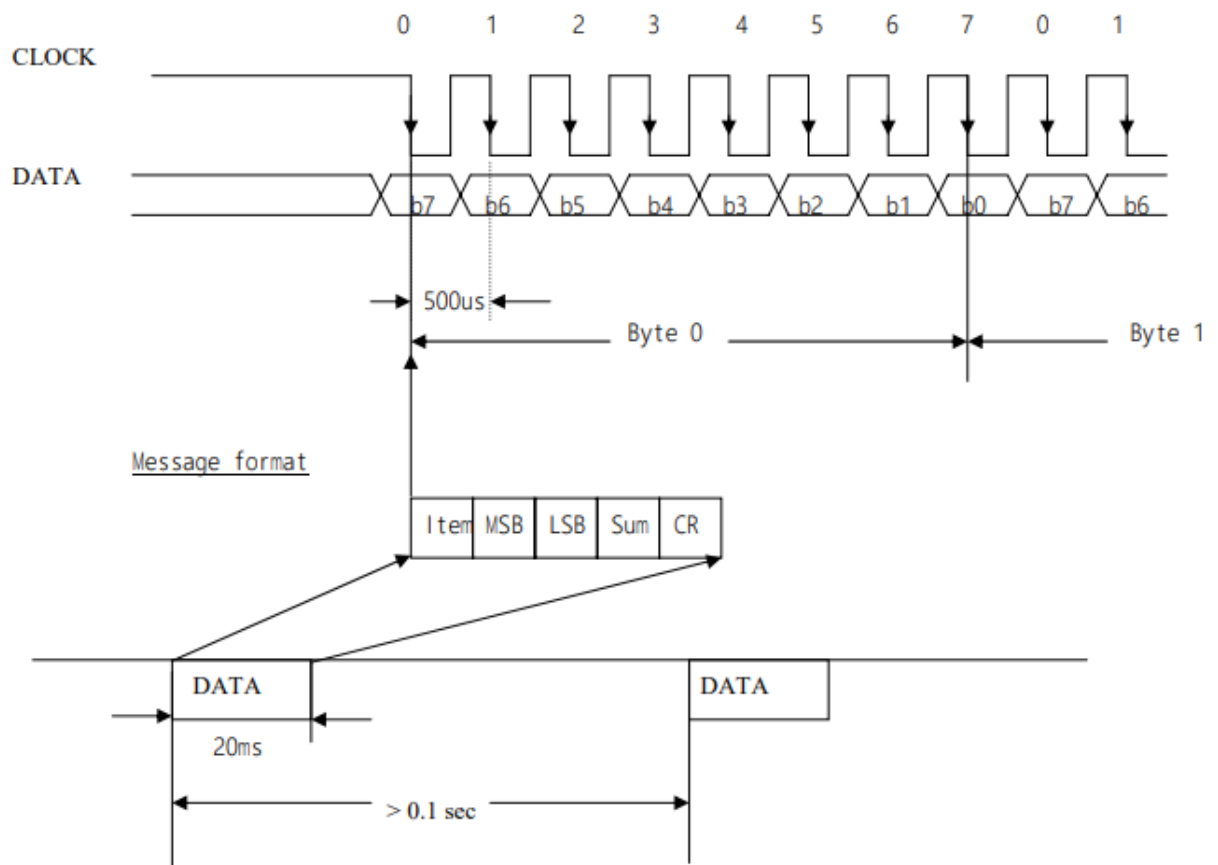
G: GND

A: ActionKey

(Khi Kéo Thấp, thiết bị sẽ đo Tbb liên tục.)

Lưu ý: Pin dữ liệu Cao khi không có dữ liệu, Thời gian chờ > 2ms

4.2 Thời gian của SPI



Hình 7. Thời gian của SPI

4.2.1 Định dạng thông báo

Mục	MSB	LSB	Tổng Mục	CR
-----	-----	-----	----------	----

Mục “L” (4Ch): Tobj (Nhiệt độ của vật thể)

 “F” (66h): Tamb (Nhiệt độ môi trường)

MSB 8 bit dữ liệu Msb

LSB 8 bit dữ liệu Lsb

Tổng mục + MSB + LSB = SUM

CR 0Dh, Kết thúc tin nhắn

4.2.2 Ví dụ

1. Nhiệt độ đối tượng (Tbb)

4C(hex)	14	2A	8A(hex)	0D(hex)
---------	----	----	---------	---------

Mục 4Ch → “L” mã mục của Nhiệt độ đối tượng

Dữ liệu MSB 14h (“1” và “4” là ký tự ASCII)

 LSB 2Ah (“2” và “A” là ký tự ASCII)

 Giá trị nhiệt độ thực [Hex2Dec (142Ah)] / 16-273,15 = 49,475

°C

Tổng kiểm tra Tổng 4Ch + 14h + 2Ah = 8AH (Chỉ Byte thấp)

CR 0Dh → ‘Carriage Return ’nghĩa là Kết thúc Tin nhắn

2. Nhiệt độ môi trường (Tamb)

66(hex)	12	C3	3B(hex)	0D(hex)
---------	----	----	---------	---------

Mục 66h → “f” mã mặt hàng của Nhiệt độ môi trường xung quanh

Dữ liệu MSB 12h (“1” và “2” là ký tự ASCII)

LSB C3h (“C” và “3” là ký tự ASCII)

Giá trị nhiệt độ thực [Hex2Dec (12C3h)] / 16-273.15 = 27.03 °C

Tổng kiểm tra Tổng 66h + 12h + C3h = 3Bh (Chỉ Byte Thấp)

CR 0Dh → ‘Carriage Return ’nghĩa là Kết thúc Tin nhắn

4.2.3 Làm thế nào để sửa đổi Emissivity? (Cách ghi Emissivity vào EEPROM)

Cảnh báo: sử dụng sai có thể dẫn đến hỏng EEPROM, điều này có thể phá hủy dữ liệu hiệu chuẩn. Thiết bị có thể trở nên vô dụng!

1) Mô-đun Nhiệt kế Hồng ngoại này được hiệu chuẩn với Emissivity = 0,95 theo mặc định. Hầu hết Vật liệu phi kim loại có độ phát xạ gần bằng 0,95. Nhưng bức xạ hồng ngoại của kim loại bình thường là thấp hơn nhiều và có thể phải sửa đổi cài đặt của mô-đun cho một số ứng dụng nhất định.

2) Định dạng giao tiếp giống như đọc dữ liệu từ mô-đun: ItemCode ~ HighByte ~ LowByte ~ CheckSum (ItemCode + HighByte + LowByte) ~ CR, tổng số 40 đồng hồ (& dữ liệu).

Lưu ý: dấu “~” không phải là dữ liệu thực mà chỉ có nghĩa là “theo sau bởi”

3) Để ghi Emissivity vào TN9, lệnh là: “S” (53h) ~ HighByte (Giá trị phát xạ) ~ 04h ~ CheckSum (ItemCode + HighByte + 04h) ~ CR (0Dh)

Giá trị phát xạ = HighByte (hex) / 100 (dec),

Ví dụ: HighByte = 5F (hex) = 95 (dec) -> độ phát xạ = 95 (dec) / 100 (dec) = 0,95 (dec).

Luôn giữ dữ liệu LowByte = 04 (hex).

Giá trị CheckSum cho ví dụ này: 53 (hex) + 5F (hex) + 04 (hex) = B7 (hex)

4) Thủ thuật ghi dữ liệu vào TN9 như sau

a. Chân hành động cần phải được thả nổi trong khi ghi dữ liệu vào TN9.

b. Như bạn đã biết, TN9 sẽ xử lý dữ liệu thông thường theo 40 đồng hồ và dữ liệu với giao tiếp định dạng. Sau xung nhịp thứ 40, TN9 sẽ kéo chân CLK & DATA lên mức cao yếu để chờ nếu có CPU bên ngoài muốn ghi dữ liệu vào TN9. Vui lòng để CPU bên ngoài bắt đầu gửi đồng hồ thứ nhất trong khoảng thời gian T1 sau đồng hồ thứ 40. : $5\text{ms} < T1 < 10\text{ms}$

c. Tần số của CLK phải là 2KHz.

d. TN9 sẽ chốt dữ liệu ở cạnh âm của CLK, vì vậy dữ liệu phải sẵn sàng trước khi cạnh âm của đồng hồ viết thứ nhất.

5) Ví dụ, Emissivity = 0.95 \implies “S” ~ 5F (hex) ~ 04 (hex) ~ B7 (hex) ~ CR

Emissivity = 0,80 \implies “S” ~ 50 (hex) ~ 04 (hex) ~ A7 (hex) ~ CR

6) Cuối cùng, làm thế nào để chúng ta biết khả năng viết thành công.

Khoảng 5 ms sau khi bạn gửi CLK & DATA đến TN9 hoàn toàn.

TN9 nên có 3 loại phản ứng.

a. TN9 sẽ gửi cùng một dữ liệu mà CPU bên ngoài đã ghi vào TN9. (Chúng tôi gọi đây là ECHO). Điều đó có nghĩa là viết thành công emissivity.

b. TN9 sẽ gửi “S” ~ FF (hex) ~ FF (hex) ~ CheckSum (“S” + FF + FF) ~ CR.

Điều đó có nghĩa là TN9 tìm thấy lỗi kiểm tra dữ liệu = một dữ liệu nhận sai.

TN9 sẽ quên dữ liệu, và bạn cần ghi lại.

c. TN9 không có phản hồi như trên

Điều đó có nghĩa là TN9 không nhận được đầy đủ 40 đồng hồ.

Vui lòng kiểm tra đồng hồ và dữ liệu được điều khiển bởi CPU bên ngoài.

Đặc biệt, hãy đảm bảo thời gian T1 đúng.

5 Bảng demo giao diện: Hub-D

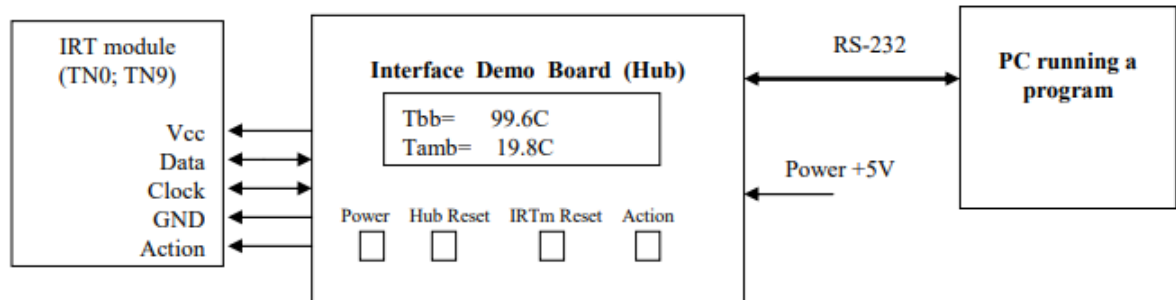
Mô tả chung:

Hub-D là một hộp Giao diện với màn hình LCD, dành cho dòng TN.

Hộp này có thể hoạt động như một giao diện giữa IRTm (Mô-đun IRT) và PC.
xem Hình A

“Hub_D” có Màn hình LCD loại ký tự 2 cột, nó cũng có thể hoạt động mà không cần PC.

Trung tâm sẽ hiển thị Tobj & Tamb (dữ liệu từ IRTm) liên tục.



Hình 8. Ứng dụng điển hình của Hub

Mẫu số: Hub-D

Chương trình: TNmDB001.exe



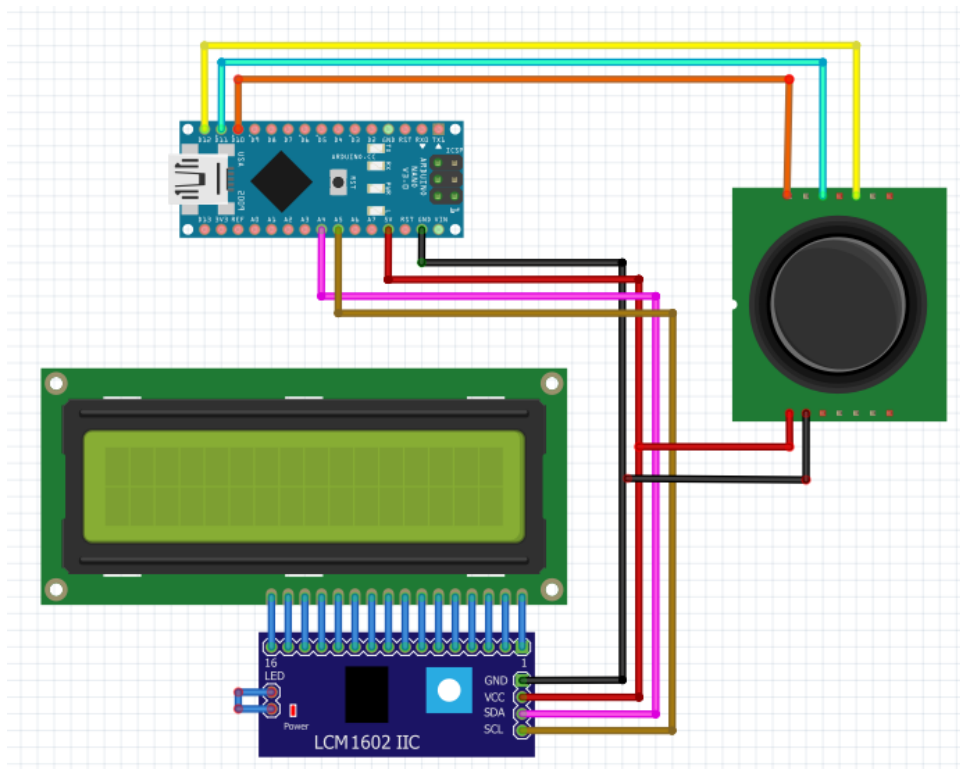
Hình 9. Hub-D

6 Chương trình giao diện cho PC

Chương trình: TNmDB001.exe có thể tải xuống phiên bản miễn phí để giải mã tại: <http://www.zytemp.com/download/default.asp>

- z Chạy trong cửa sổ DOS (trong môi trường MS Windows)
- z Phải được sử dụng cùng với HUB-D
- z Chương trình này sẽ hiển thị:
 - Tbb (Tobj); Tamb ở độC; độF liên tục
 - Trạng thái của IRT
- z Sửa đổi sự sai sót
- thay đổi đơn vị z degC / degF

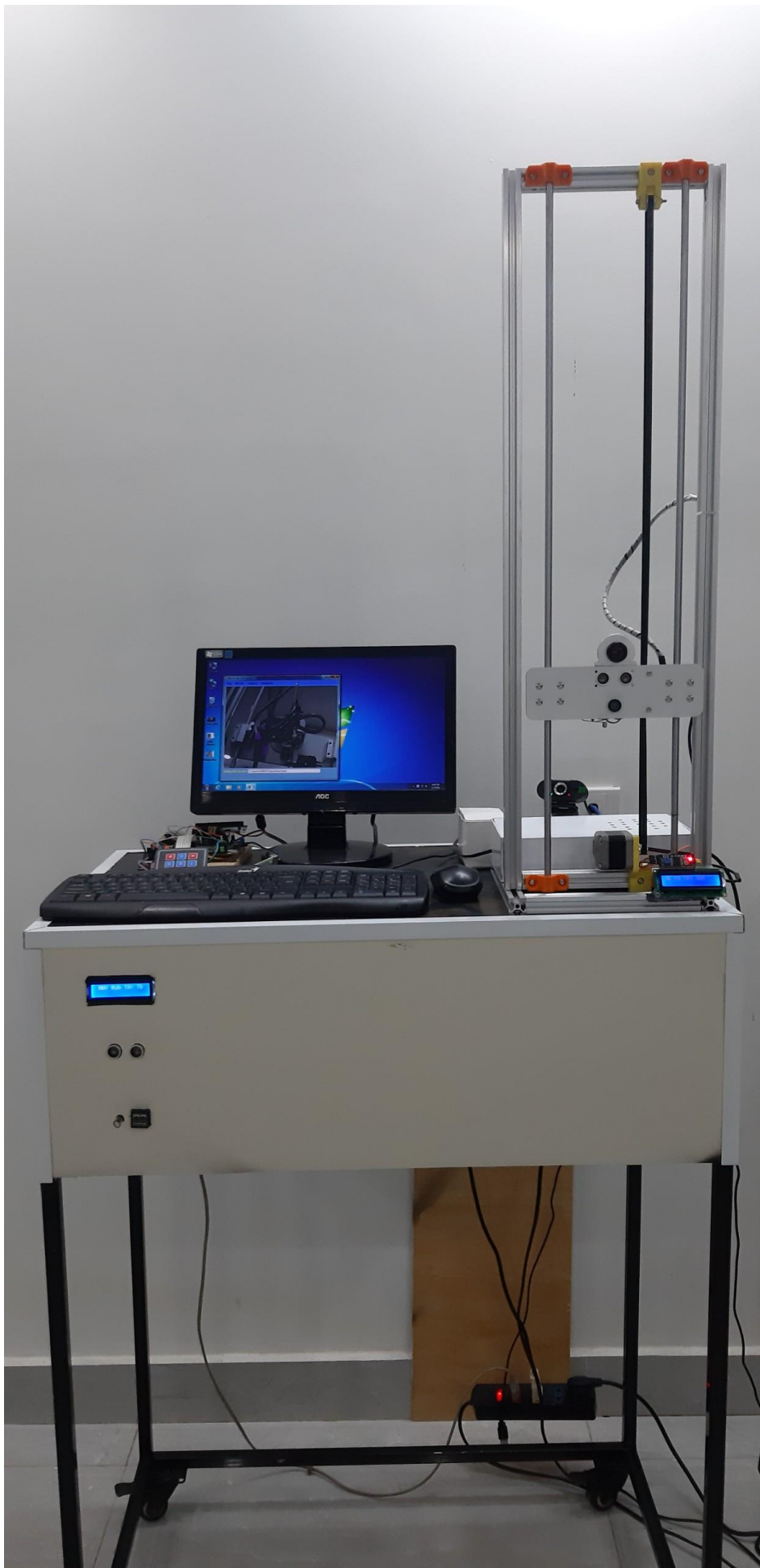
3.2. Sơ đồ mạch của Arduino với TN901



Hình 3. 1. Mạch nguyên lý



Hình 3. 2. Mạch thực tế



3.3. Code

```
byte n = 0; // Interrupt Bit Count

volatile byte pos = 0; // Values Position
Count
volatile byte values[5] = {
  0,0,0,0,0; // Values to be stored by sensor
byte cbit = 0; // Current bit read in

boolean irFlag = false; // Flag to indicate IR
reading has been made
boolean ambFlag = false; // Flag to indicate ambient
temp reading has been made

byte irValues[5] = {
  0,0,0,0,0; // Variable to store IR
readings
byte ambValues[5] = {
  0,0,0,0,0; // Variable to store Ambient
readings

const int len = 5; // Length of values array
const int clkPin = 3; // Pins
const int dataPin = 2;
const int actionPin = 4;

void setup(){
  Serial.begin(9600);

  pinMode(clkPin, INPUT); // Initialize pins
  pinMode(dataPin, INPUT);
  pinMode(actionPin, OUTPUT);
  digitalWrite(clkPin, HIGH);
  digitalWrite(dataPin, HIGH);
  digitalWrite(actionPin, HIGH);

  Serial.println("Type to Start..."); // Wait for input to start
  while(!Serial.available());
  Serial.println("Starting...");
  Serial.println("IR (F), Ambient (F), Time Since Start (ms)");

  attachInterrupt(1,tn9Data,FALLING); // Interrupt
  digitalWrite(actionPin,LOW); // Make sensor start sending
```

```
data  
}
```

```
void loop(){
```

```
    if(pos == len && values[0] == 0x4C){                // If sensor has sent IR  
    packet...                                           // Store values to irValues  
        for(int i = 0; i < len; i++){  
            irValues[i] = values[i];  
        }  
        irFlag = true;                                // Indicate IR reading  
        pos = 0;  
        digitalWrite(actionPin,LOW);                  // Make sensor start  
    sending data  
    }
```

```
    if(pos == len && values[0] == 0x66){                // If sensor has sent  
    ambient packet...                                  // Store values to  
    ambValues                                           // Store values to  
        ambValues[i] = values[i];  
    }  
    ambFlag = true;                                    // Indicate Ambient reading  
    pos = 0;  
    digitalWrite(actionPin,LOW);                        // Make sensor start  
    sending data  
    }
```

```
    if(pos == len && values[0] == 0x53){                // If sensor has sent junk  
    packet  
        pos = 0;  
        digitalWrite(actionPin,LOW);                  // Make sensor start  
    sending data  
    }
```

```
    if(irFlag && ambFlag){                              // If successful IR and Ambient  
    reading...  
        digitalWrite(actionPin,HIGH);                // Make sensor stop sending  
    data. Because Timing is weird, I want to ensure the interrupts do not happen  
    during this section.  
        word tempword = 0;                            // Next 4 lines isolate temperature  
    component of values
```

```
tempword = tempword | irValues[1];  
tempword = tempword << 8;  
tempword = tempword | irValues[2];  
if(tn9Check(irValues)){                                     // If checksum is valid, print  
IR temperature  
    Serial.print("IR = ");  
    float irc = (int(tempword)/16.0 - 273.15);  
    float irf = (irc * 9 / 5 + 32);  
    Serial.print(irf);  
    Serial.print(", ");  
}  
else{                                                         // If checksum isn't valid, print  
impossible temp  
    Serial.print("IR = ");  
    Serial.print("-273.15, ");  
}  
  
tempword = 0;                                               // Isolate temperature component  
again for ambient  
tempword = tempword | ambValues[1];  
tempword = tempword << 8;  
tempword = tempword | ambValues[2];  
if(tn9Check(ambValues)){                                    // If checksum is valid, print  
ambient temperature  
    Serial.print("Amb = ");  
    float ambc = (int(tempword)/16.0 - 273.15);  
    float ambf = (ambc * 9 / 5 + 32);  
    Serial.print(ambf);  
}  
else{                                                        // If checksum isn't valid, print  
impossible temp  
    Serial.print("Amb = ");  
    Serial.print("-273.15");  
}  
irFlag = false;                                             // Reset flags  
ambFlag = false;  
  
Serial.print(", ");  
Serial.println(millis());                                   // Print time for logging purposes  
delay(2000);                                                // Simulate other sensors or code  
digitalWrite(actionPin,LOW);                                // Make sensor start sending data  
}
```

```
}
```

```
void tn9Data(){                                // Interrupt Function
  cbit = digitalRead(dataPin);                 // Read bit
  if(pos >= len) pos = 0;                       // Keep index below 5
  values[pos] = (values[pos] << 1) | cbit;      // Store to values
  n++;                                          // Increment bit count
  if(n == 8){                                  // Increment position count based
on bits read in
    pos++;
    n = 0;
  }
  if(pos == len){                              // If complete "packet" sent, stop
sensor from sending
    digitalWrite(actionPin,HIGH);             // again until main loop allows it.
  }
}
```

```
boolean tn9Check(byte tn9Values[]){           // Checksum calculating
function
  int mcheck = (int)tn9Values[0] + (int)tn9Values[1] + (int)tn9Values[2]; //
Checksum calculation
  int scheck = (int)tn9Values[3];             // Checksum sent by sensor
  boolean crc = false;                       // Initialize return
value
  if(mcheck > 510) mcheck = mcheck - 512;     // Handle sensor byte rollover
  if(mcheck > 255) mcheck = mcheck - 256;     // Handle sensor byte rollover
  if(mcheck == scheck) crc = true;            // Check checksum
  return(crc);                               // Return
}
```

Tài liệu tham khảo

1. Sách Nguyên lí hoạt động của máy điện (GS.TSKH. Thân Ngọc Hoàn & TS. Nguyễn Trọng Thắng.)
2. Sách Điện Tử Công Suất – Tính Toán – Mô Phỏng – Thực Hành (TS.Quách Thanh Hải & KS.Phạm Quang Huy.)
3. Sách Sổ tay chuyên ngành điện (Tăng Văn Mùi & Trần Duy Nam)
4. Sách Bảo hộ lao động và kỹ thuật an toàn điện (Trần Quang Khánh)
5. Sách Bảo vệ các hệ thống điện (GS.VS Trần Đình Long)
6. Sách Cẩm nang xử lý sự cố điện – điện tử (Trần Thế San & Nguyễn Trọng Thắng)
7. Sách Cơ điện tử (GS. TSKH B.Heimann & GS. TSKH W.Gerth & GS. TSKH K.Popp)
8. Sách Cơ sở kỹ thuật điện (Hoàng Hữu Thuận)
9. Sách Điện tử công suất – Hướng dẫn sử dụng PSIM (KS. Phạm Quang Huy & Lê Hoàng Minh & KS. Lê Nguyễn Hồng Phong)
- 10.Sách Điện tử công suất – Mạch biến đổi điện áp (TS. Quách Thanh Hải & KS. Phạm Quang Huy & KS. Lê Nguyễn Hồng Phong)
- 11.Sách Điện tử công suất (PGS. TS. Trần Xuân Minh & TS. Đỗ Trung Hải)
- 12.Sách Giáo trình cung cấp điện (Trần Quang Khánh)
- 13.Sách Giáo trình khí cụ điện (TS. Hồ Xuân Thanh & Th.S Phạm Xuân Hổ)
- 14.Sách Hướng dẫn đọc sơ đồ mạch điện (Trần Thế San & Tăng Văn Mùi)
- 15.Sách Lắp ráp điện tử - Phần 1: Căn Bản (KS. Nguyễn Nguyên Hạ)
- 16.Sách Những điều cần biết khi sống chung với điện (TS. Nguyễn Hanh)
- 17.Sách Phân biệt và hàn nối linh kiện , thiết bị điện tử (Đường Thành Tường)

KẾT LUẬN

Sau một khoảng thời gian ngắn thực hiện đề tài tốt nghiệp, cùng với nỗ lực cố gắng của bản thân và sự giúp đỡ tận tình của các thầy cô giáo, bạn bè cùng lớp, đến nay em đã hoàn thành đề tài tốt nghiệp của mình. Trong đề tài của mình em đã tìm hiểu và thực hiện được các yêu cầu sau:

- Cùng thầy giáo – Tiến sĩ Ngô Quang Vĩ hoàn thành đề tài nghiên cứu khoa học cấp trường.
- Được học hỏi, hiểu biết hơn về điều khiển không tiếp xúc, các mạch đơn giản mà có thể áp dụng được rất nhiều việc trong cuộc sống bình thường.
- Điều tuyệt vời nhất là thấy được giá trị nhân văn sâu sắc trong công việc mình làm, những gì mình nghiên cứu sẽ là đóng góp to lớn cho xã hội.

Một lần nữa em xin chân thành cảm ơn sự chỉ bảo ,hướng dẫn tận tình của thầy giáo – TS. Ngô Quang Vĩ cùng quý thầy cô trong khoa và bạn bè trong lớp đã giúp đỡ em trong quá trình thực hiện đề tài.

Em xin chân thành cảm ơn!

Hải Phòng, ngày tháng năm 2020

Sinh viên thực hiện

Nguyễn Bảo Trung