

ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐIỆN - ĐIỆN TỬ



ĐỒ ÁN I

ĐO TRỌNG LƯỢNG

PHẠM DƯƠNG LONG

long.pd200370@sis.hust.edu.vn

NGUYỄN THẾ VINH

vinh.nt202727@sis.hust.edu.vn

Ngành Kỹ thuật Điều khiển và Tự động hóa

Giảng viên hướng dẫn: PGS.TS. Nguyễn Thị Lan Hương

Chữ ký của GVHD

Khoa: Tự động hóa

Trường: Điện - Điện tử

Hà Nội, 01/2023

TÓM TẮT ĐỒ ÁN

Mục tiêu thực hiện của đồ án là thiết kế mạch đo trọng lượng sử dụng điện trở lực căng; chuyển hoá và đọc điện áp khi loadcell có tải, xử lý số liệu để hiển thị được giá trị trọng lượng vật đo.

- Công cụ chính được sử dụng ở đây là vi xử lý STM32F401CCU đóng cả vai trò ADC và khối xử lý dữ liệu, được lập trình qua IDE của nhà sản xuất là STM32CUBEIDE. Phần tính toán và mô phỏng thì được thực hiện thông qua phần mềm Proteus, vẽ mạch in qua Altium Designer.
- Sản phẩm nhận được đã đáp ứng được yêu cầu của đồ án xong vẫn còn một số vấn đề chưa giải quyết được như sai số ảnh hưởng bởi nhiễu ADC, dây dẫn, môi trường, khung loadcell. . .
- Đồ án có tính thực tế cao, được sử dụng trong nhiều lĩnh vực, tính mở rộng cao như: có thể sử dụng nhiều load cell để đo các vật có khối lượng lớn một cách chính xác, tự động hoá trong công nghiệp để giám sát khối lượng sản phẩm.
- Và cuối cùng, sau khi hoàn thành đồ án, nhóm thực hiện đồ án đã thu nhận được các kiến thức về cảm biến, kĩ năng sử dụng phần mềm, làm quen với ngôn ngữ lập trình nhúng cho vi xử lý, làm quen với mạch điện thực tế.

MỤC LỤC

DANH MỤC HÌNH VẼ	i
DANH MỤC BẢNG BIỂU	ii
CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU CHUNG	1
1.1 Giới thiệu chung	1
1.2 Cấu trúc của đồ án	1
CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT	2
2.1 Loadcell	2
2.1.1 Cấu tạo	2
2.1.2 Nguyên lý làm việc	2
2.2 Nguyên lý mạch đo trọng lượng	4
2.2.1 Một Loadcell	4
2.2.2 Cân điện tử	5
2.2.3 Cân băng tải	5
2.3 Sơ đồ khối mạch đo trọng lượng	6
CHƯƠNG 3. PHƯƠNG PHÁP LUẬN	7
3.1 Chọn linh kiện	7
3.1.1 Thông số cảm biến Loadcell	7
3.1.2 Vi xử lý	8
3.1.3 Bộ khuếch đại và ADC	9
3.1.4 Chọn lọc nhiễu cho điện áp	10
3.1.5 Linh kiện khác	10
3.2 Lập trình cho vi xử lý	11
3.2.1 Các chân kết nối	11
3.2.2 Chu trình hoạt động	11
3.2.3 Tốc độ lấy mẫu	12
3.2.4 Thuật toán cơ sở	12
3.2.5 Lưu đồ thuật toán	13
3.3 Thiết kế mạch in bằng Altium	14

3.3.1	PCB graphic	14
3.4	Mạch nguyên lý Schematic	16
3.5	Mô phỏng trên Proteus	17
3.6	Kết nối phần cứng	18
CHƯƠNG 4. MÔ PHỎNG VÀ KẾT QUẢ		19
4.1	Mạch chạy thực tế	19
4.2	Đo thí nghiệm	20
KẾT LUẬN		21
PHỤ LỤC: HƯỚNG PHÁT TRIỂN		22
A	Trong lĩnh vực IoT	22
B	Trong công nghiệp	22
C	Công nghệ cao	23
TÀI LIỆU THAM KHẢO		25

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 2.1.	Nguyên lí điện trở lực căng	2
Hình 2.2.	cấu tạo loadcell	3
Hình 2.3.	Sơ đồ mạch đo	4
Hình 2.4.	Mô hình cân điện tử	5
Hình 2.5.	Cân băng tải	5
Hình 2.6.	Sơ đồ khối mạch đo	6
Hình 3.1.	Vi xử lý	8
Hình 3.2.	Khoảng điện áp ngõ chung	9
Hình 3.3.	Cấu hình chân STM32	11
Hình 3.4.	Lưu đồ lập trình	13
Hình 3.5.	Mặt trước PCB	14
Hình 3.6.	PCB 3D	15
Hình 3.7.	Mạch nguyên lý Schematic	16
Hình 3.8.	Mô phỏng Proteus	17
Hình 3.9.	Kết nối phần cứng	18
Hình 4.1.	Kết nối phần cứng	19
Hình 4.2.	Màn hình debug	19
Hình 0.1.	Cân xe tải	22
Hình 0.2.	Loadcell trong công nghiệp	23
Hình 0.3.	Loadcell gắn vào tay robot	24

DANH MỤC BẢNG BIỂU

Bảng 3.1. Chú thích chân kết nối STM32	11
Bảng 4.1. Kết quả thí nghiệm	20

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU CHUNG

1.1 Giới thiệu chung

Đo trọng lượng là một nhu cầu cần thiết trong các ứng dụng đo lường, cảm biến phổ biến. Đồ án I: Đo trọng lượng sau đây được thực hiện trong học kỳ 2022.2, mục đích tạo một mạch đo đơn giản sử dụng Loadcell ứng dụng vào đo trọng lượng của một vật, thường được sử dụng trong các máy đo/cân điện tử số; và đi xa hơn, là nghiên cứu chế tạo một hệ thống cân tải trong công nghiệp.

1.2 Cấu trúc của đồ án

Nội dung chính của một đồ án bao gồm:

- Chương 1. Giới thiệu chung: giới thiệu bao quát về mục đích của đồ án
- Chương 2. Cơ sở lý thuyết: trình bày nguyên lý hoạt động, cấu tạo của mạch đo
- Chương 3. Phương pháp luận: tính toán, thiết kế và đo thực nghiệm mạch đo
- Phụ lục tài liệu tham khảo: Danh sách các tài liệu tham khảo
- Danh mục: Các ký hiệu, hình vẽ, bảng biểu đã được sử dụng trong báo cáo.

CHƯƠNG 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Trong công nghiệp, để đo trọng lượng người ta sử dụng rất nhiều loại cân như cân trọng tải, cân băng tải. Cân được chia làm 3 bộ phận:

- Bộ phận cơ khí tạo thành cân như kết cấu dầm, sàn, công son, kết cấu bộ phận đàn hồi trên băng tải v.v. . .
- Tế bào cân hay tế bào mang tải (loadcell).
- Hệ thống đo lường và gia công số liệu.

Ở đây, chúng ta không xét đến phần kết cấu cơ khí của cân mà chỉ xét tới loadcell và hệ thống đo lường và gia công số liệu. Trong phạm vi yêu cầu đề tài, cũng như sự lựa chọn thiết bị, chương này giới thiệu về nguyên lý hoạt động của Loadcell, nguyên tắc kết nối phần cứng và phần mềm liên quan. [1].

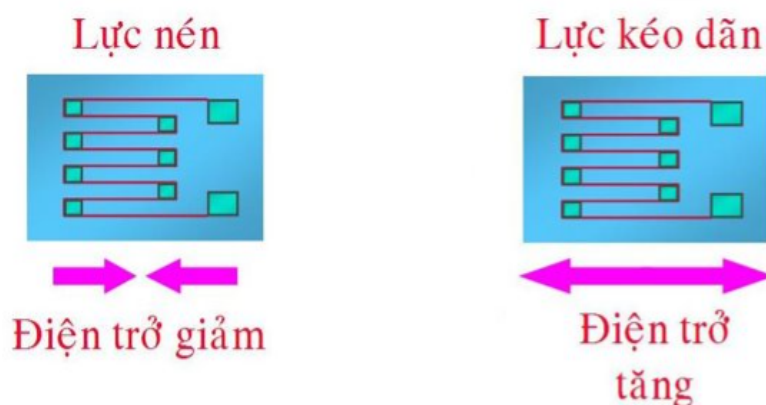
2.1 Loadcell

2.1.1 Cấu tạo

- 4 điện trở Tenzo: Được chế tạo từ các vật liệu đặc biệt chúng được cắt chính xác theo hình lưới. Tất cả các điện trở Tenzo đều có các thông số giống nhau
- Một lõi thép đặc biệt: có cấu tạo hình ống được chế tạo đặc biệt đảm bảo tính co giãn, đàn hồi tuyến tính và độ mỏi rất nhỏ.
- Vỏ bao bên ngoài: ở hai đầu ống thép gắn các vỏ phần tĩnh và phần động, vỏ có thể được chế tạo bằng hợp kim có độ chịu nhiệt và chịu mài mòn cao. [2]

2.1.2 Nguyên lý làm việc

2.1.2.1 Strain gauge



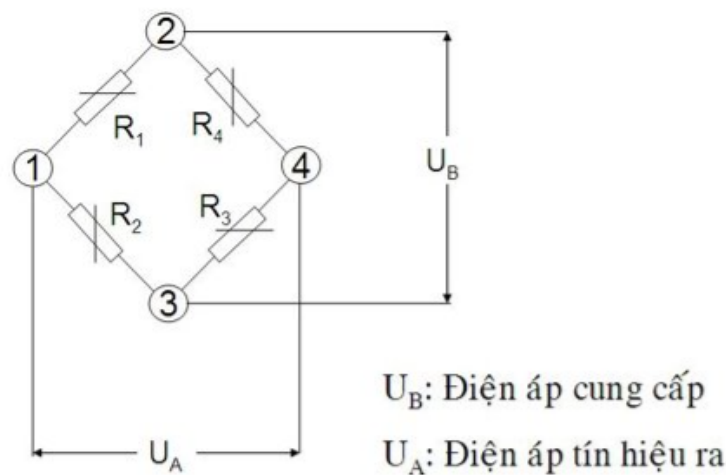
Hình 2.1. Nguyên lý điện trở lực căng

- Strain gauge - hay còn gọi là tenzơ, là thành phần cấu tạo chính của Loadcell, bao gồm 1 sợi dây kim loại mảnh đặt trên 1 tấm cách điện đàn hồi.
- Để tăng chiều dài của dây điện trở strain gauge, người ta đặt chúng theo hình ziczac, mục đích là tăng độ biến dạng khi bị lực tác dụng qua đó tăng độ chính xác của thiết bị cảm biến sử dụng strain gauge.
- Đặc trưng cơ bản của chuyển đổi tenzo là hệ số nhạy cảm tương đối K.

2.1.2.2 Cấu thành loadcell

Về nguyên tắc 1 Loadcell sẽ bao gồm 4 phần tử tenzo mắc thành 1 mạch cầu 4 nhánh.

Mỗi phần tử tenzơ là 1 điện trở lực căng $R_x = R_0 + \Delta R$ trong đó R_0 là điện trở ban đầu của tenzơ khi chưa có tác động của vật nặng, ΔR là lượng điện trở thay đổi khi có vật nặng làm loadcell biến đổi.



Hình 2.2. cấu tạo loadcell

Các điện trở tenzơ này được dán vào bề mặt thân loadcell. Khi bị kéo - nén, điện trở strain gauge sẽ thay đổi tỉ lệ thuận biên độ kéo - nén. Khi có tải trọng hoặc lực tác động lên loadcell làm loadcell bị biến dạng, điều đó dẫn tới sự thay đổi giá trị của các điện trở strain gauge. Sự thay đổi này dẫn đến sự thay đổi trong điện áp đầu ra nếu một điện áp kích thích được cung cấp cho ngõ vào loadcell. Nói cách khác, Loadcell đã chuyển đổi lực tác dụng thành tín hiệu điện. [3]

Loadcell có kết cấu đàn hồi bằng thép chất lượng cao, đảm bảo giải biến dạng đàn hồi rộng.

Biến dạng được tính:

$$\epsilon_1 = \frac{F}{SE} \quad (2.1)$$

trong đó: F là lực tác động lên loadcell, S là tiết diện phần tử đàn hồi và E là module đàn hồi thép làm loadcell.

Cảm biến điện trở lực căng được nuôi cấy trên phần tử đàn hồi. Nó gồm 4 điện trở, 2 điện trở dọc là điện trở tác dụng, 2 điện trở ngang là điện trở bù nhiệt độ, 4 điện trở này được nối thành cầu hai nhánh hoạt động.

$$\Delta U = \frac{U_{cc}}{2} \frac{\Delta R}{R} = \frac{U_{cc}}{2} k \varepsilon_1 \quad (2.2)$$

trong đó: U_{cc} là điện áp cung cấp cho cầu, $\Delta R/R$ là biến thiên điện trở do biến dạng của phần tử đàn hồi, ε_1 là biến dạng theo công thức (2.1) và K là độ nhạy của cảm biến tenzor

Như vậy, độ nhạy của Loadcell chính là:

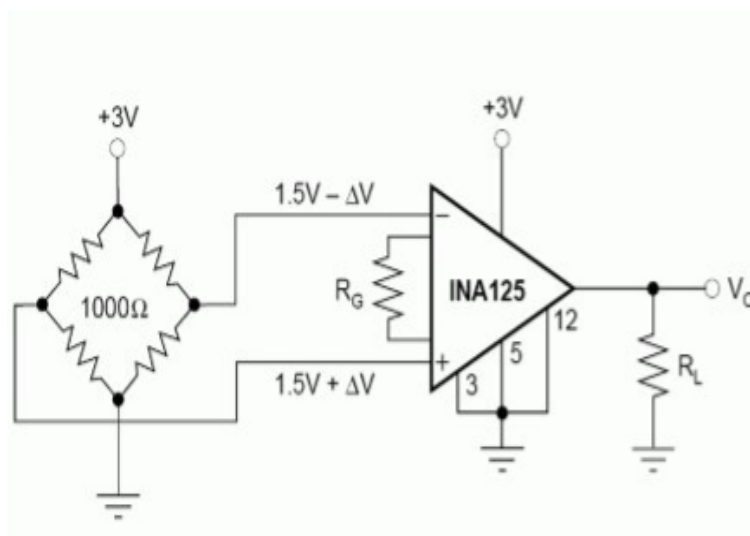
$$\frac{\Delta U}{U_{cc}} = KF \quad (mV/V) \quad (2.3)$$

2.1.2.3 Các loại Loadcell

- Beam Loadcell: dạng thanh
- Column Loadcell: dạng trụ
- S Loadcell: dạng chữ S
- Diaphragm Loadcell: dạng mỏng

2.2 Nguyên lý mạch đo trọng lượng

2.2.1 Một Loadcell

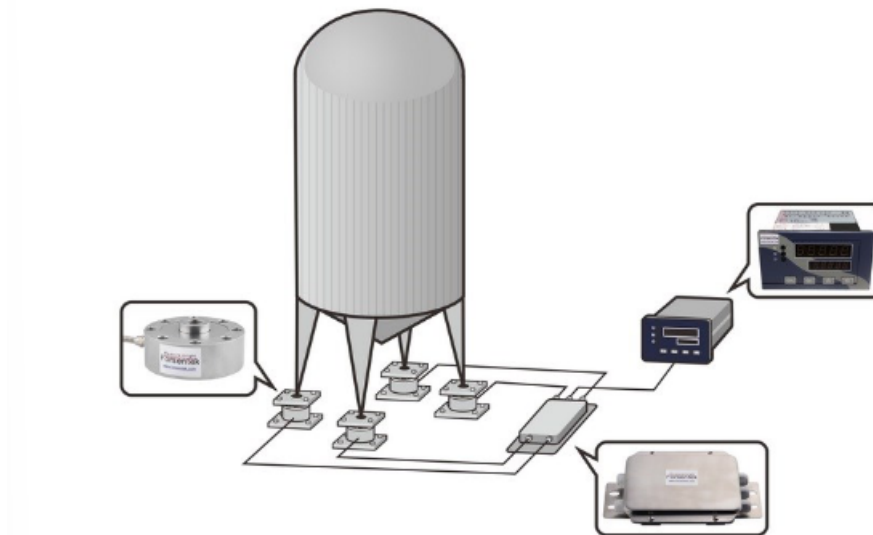


Hình 2.3. Sơ đồ mạch đo

Điện áp ra tỷ lệ lực tác động (trọng lượng) lên loadcell, đưa vào bộ khuếch đại rồi đưa vào ADC và đưa vào vi xử lý. Do quan hệ điện áp và khối lượng là tuyến tính, ta có thể tính toán ra kết quả và hiển thị ra màn hình LCD.

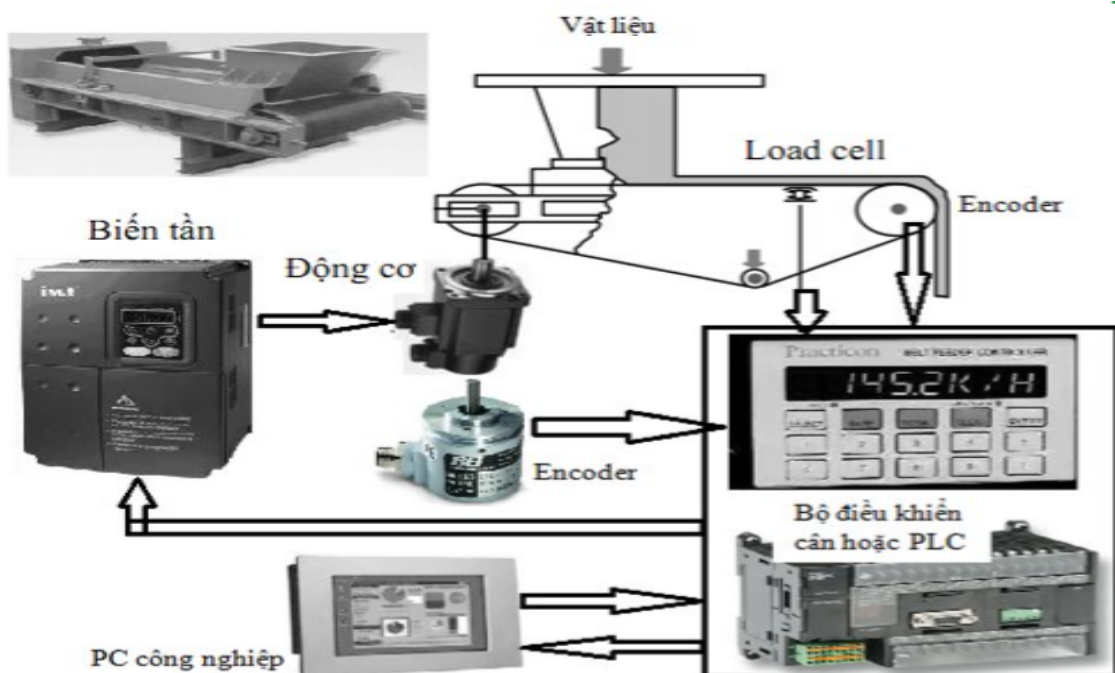
2.2.2 Cân điện tử

Với 1 cân điện tử, có thể sử dụng 4 loadcell đặt ở 4 góc bàn cân, 4 tín hiệu này được đưa vào 1 bộ cộng điện áp trước khi đưa vào ADC. Mô hình cân điện tử được biểu diễn trên hình 2.4.



Hình 2.4. Mô hình cân điện tử

2.2.3 Cân băng tải



Hình 2.5. Cân băng tải

Hình trên là một hệ thống cân bằng định lượng, trong đó tổng tích lũy vật liệu của băng cân sau thời gian t là:

$$M = K.v.m.t \quad (2.4)$$

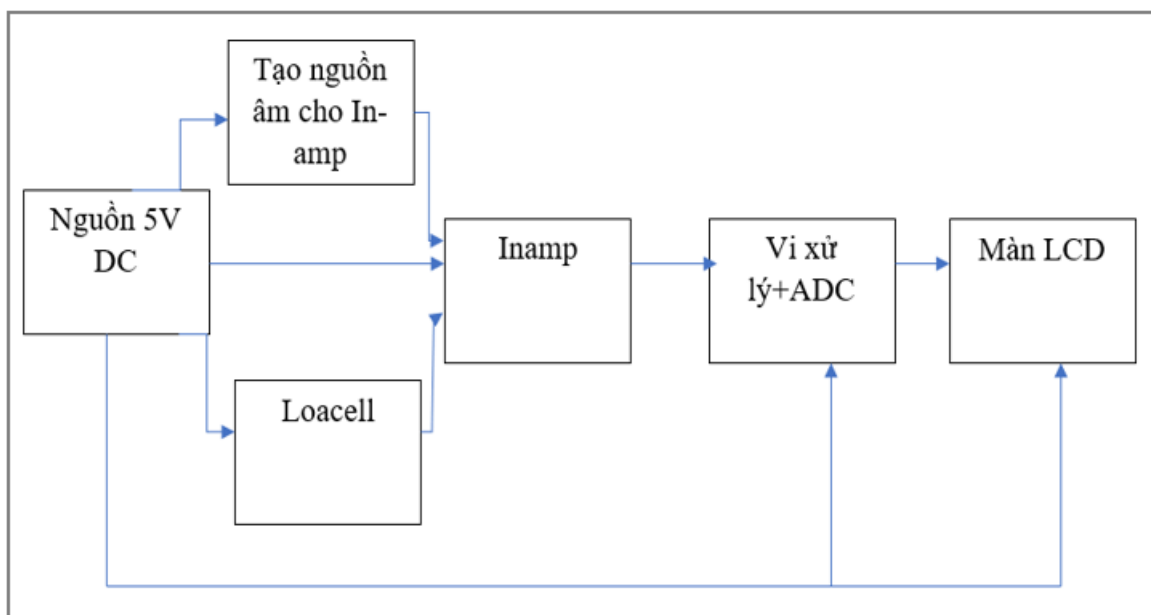
trong đó:

- k là một hệ số tỷ lệ,
- v là vận tốc băng cân được xác định từ cảm biến đo tốc độ encoder,
- m khối lượng tức thời từ cảm biến đo khối lượng loadcell,
- t là thời gian hoạt động.

2.3 Sơ đồ khối mạch đo trọng lượng

Bao gồm các khối được biểu diễn trên hình 2.6.

- Nguồn 5V DC: cấp nguồn cho mạch đo
- Loacell 10 kg
- Bộ khuếch đại in-amp
- Bộ lọc thông thấp: lọc nhiễu
- Vi xử lý (kèm ADC on chip)
- Màn LCD hiển thị kết quả



Hình 2.6. Sơ đồ khối mạch đo

Nhiệm vụ từng khối và tính toán thiết kế chi tiết cho các khối sẽ được trình bày cụ thể ở chương 3.

CHƯƠNG 3. PHƯƠNG PHÁP LUẬN

Trong phần này, ta sẽ tiến hành xây dựng thuật toán, xây dựng chương trình, mô phỏng, tính toán, thiết kế, chạy thử kết quả,...

3.1 Chọn linh kiện

Bước quan trọng đầu tiên trong thiết kế mạch là tính toán và lựa chọn linh kiện, đảm bảo trên các nguyên tắc:

- Phù hợp về mặt nguyên lý mạch
- Vận hành an toàn
- Quá trình vận hành là liên tục và ổn định
- Giá thành linh kiện phù hợp

3.1.1 Thông số cảm biến Loadcell

Thông Số Kỹ Thuật Của LoadCell Cảm Biến Khối Lượng:

- Điện áp hoạt động: 5-10V
- Độ lệch tuyến tính: 0.05
- Số chân: 4 chân
- Độ dài dây của Loadcell cảm biến: 18 cm
- Kích thước Loadcell: 8x1.5x1.5 cm (Tất cả các loadcell có kích thước bằng nhau)
- Phạm vi đo: 0-1/0-5/0/10-/0-20 kg
- Chất liệu cảm biến: Nhôm
- Nhiệt độ hoạt động: -20 đến 65 độ C
- Số chân: 4 chân
- Màu dây và kết nối:
- Dây Đỏ: Dây vào Dương (+)
- Dây Đen: Dây vào Âm (-)
- Dây Xanh Lá: Dây ra (+)
- Dây Trắng: Dây Ra (-)

3.1.2 Vi xử lý

Theo phạm vi và yêu cầu của đề tài, ta sử dụng một MCU đáp ứng các tiêu chí:

- Giá thành rẻ
- Chất lượng bền, tốc độ xử lý nhanh
- Khả trình C/C++
- Tích hợp ADC thỏa mãn: ADC được chọn có dải giá trị 10 bit, vì vậy hệ số tỉ lệ khối lượng - điện áp tính được:

$$\frac{10kg}{2^{10} - 1} = 0.01$$

Do đó, sử dụng STM32F401CEU6, sản xuất bởi ST-MicroElectronics. Thông số cơ bản của vi xử lý như sau:

3.1.2.1 Nguồn nuôi

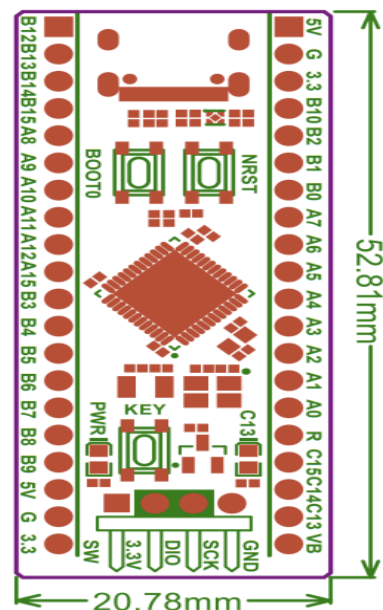
- Vi xử lý sử dụng nguồn nuôi 5V
- Không có V_{DDA} , V_{SSA} , V_{ref}

3.1.2.2 Phần cứng

- Core ARM Cortex M4
- Max Clock speed đạt 84 MHz
- 48 chân kết nối
- Bộ nhớ Flash 512 kB và 1 SRAM 96 kB

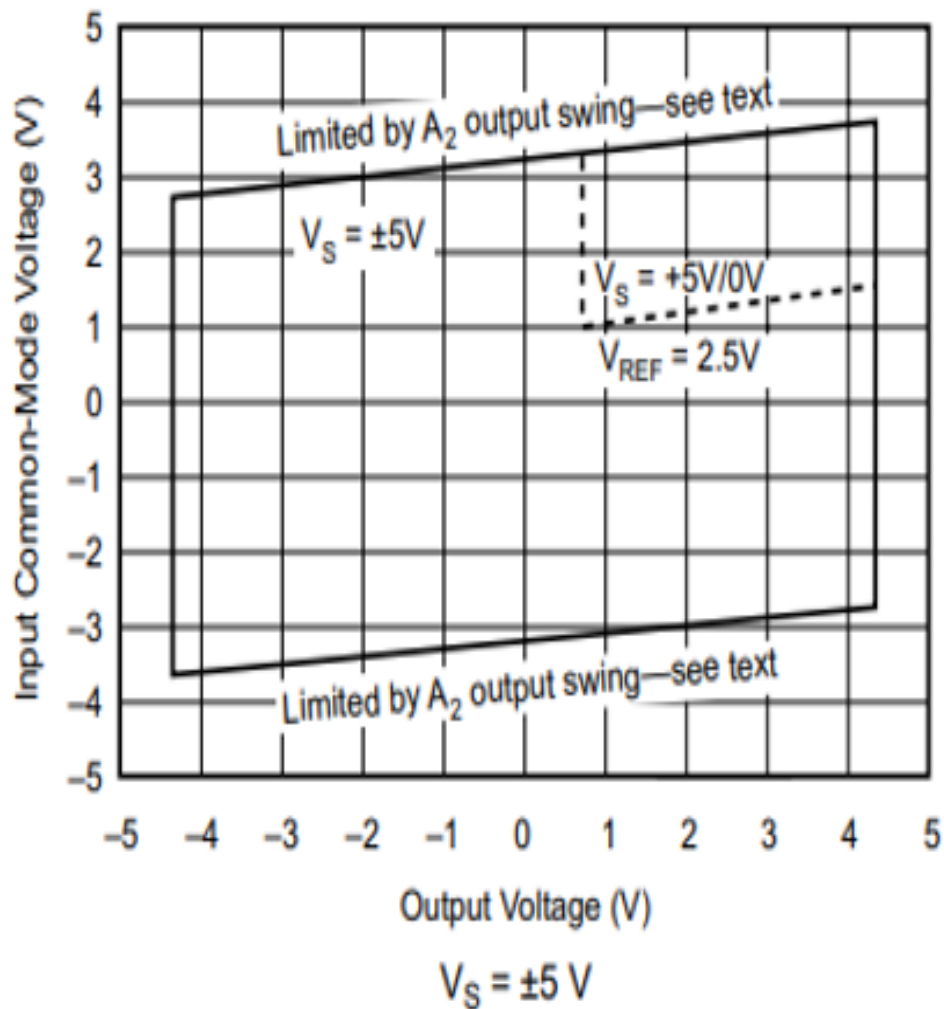
3.1.2.3 Điều áp của vi xử lý

- Khoảng đầu vào +3.52V đến 5.25V
- Khoảng đầu ra 3.3V và 300 mA
- Part này được tích hợp trong vi xử lý



Hình 3.1. Vi xử lý

3.1.3 Bộ khuếch đại và ADC



Hình 3.2. Khoảng điện áp ngõ chung

- Chọn Loacell 10kg có độ nhạy $\varepsilon = 0,005 \text{ mV/V}$; điện áp tham chiếu của ADC là 3,3V do đó hệ số khuếch đại lý thuyết tính được:

$$K_G = \frac{V_{ADC.ref}}{\varepsilon} = \frac{3,3}{0,005} = 660$$

- Vì vậy sử dụng một In-amp INA126 dip 8 có hệ số khuếch đại theo công thức của nhà sản xuất

$$K = 5 + \frac{80000}{R_g} \leq K_G.$$

Theo tính toán, $K_G \geq 122,14 \text{ } \Omega$

Do đó ta chọn điện trở cho in-amp là 150 Ω . Từ đó tính ra hệ số khuếch đại của opamp trong mạch đo:

$$K = 5 + \frac{80000}{150} = 538$$

Với nguồn +5V/0V In-amp nhận điện áp chung là từ 1 đến 3.7V không phù hợp với yêu cầu nên phải sử dụng nguồn +5V/-5V, do đó cần sử dụng đến IC tạo nguồn âm ICL7660.

3.1.4 Chọn lọc nhiễu cho điện áp

Để chống nhiễu cho điện áp, chọn 1 tụ lọc áp vào và 1 tụ lọc áp ra, tỉ lệ dung kháng rất lớn, cỡ 100 lần để tăng hiệu quả lọc. Vì vậy chọn:

- Tụ hoá 1000 μF x2
- Tụ gốm 104 μF x2

Để chống nhiễu cho vi xử lý cho, cần 1 tụ 10 μF để lọc nhiễu.

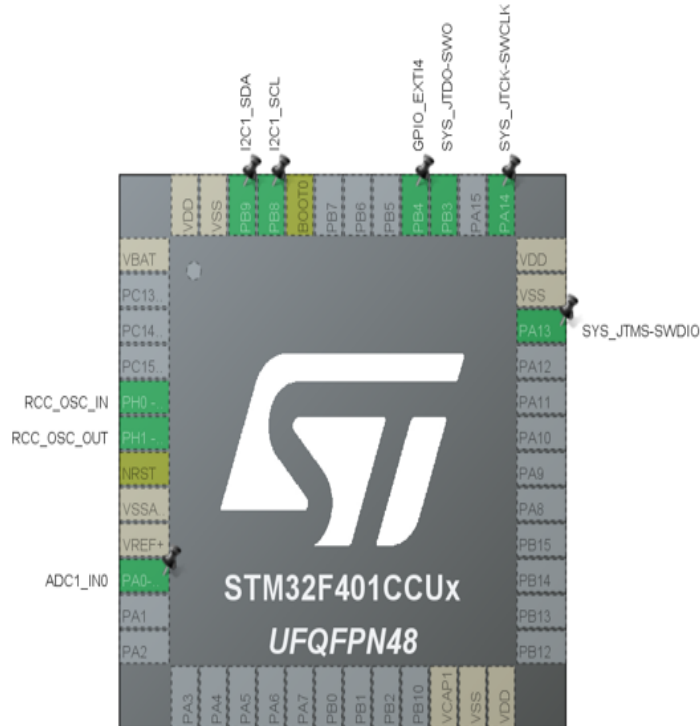
3.1.5 Linh kiện khác

- IC LM7805 để chuyển đổi điện áp từ nguồn 9V sang 5V
- Trở 10k Ω x2
- Trở 150
- Trở 1k
- Led L-53
- diode IN4007
- Terminal X2 để đấu dây từ Loadcell vào mạch, tránh gãy dây.

3.2 Lập trình cho vi xử lý

3.2.1 Các chân kết nối

Để lập trình cho dòng MCU STM32, ta cần sử dụng phần mềm STM32-CubeIDE. Cấu hình chân phần cứng hiển thị như sau:



Hình 3.3. Cấu hình chân STM32

Chú thích:

Bảng 3.1. Chú thích chân kết nối STM32

Cổng vi xử lý	Tên ngõ vào/ra	Chức năng
PH0 và PH1	RCC_OSC_IN, RCC_OSC_OUT	Chân thạch anh ngoài
PB3, PA14 và PA13	SYS_JTDO- SWO,SYS_JTCK-SWCLK và SYS_STMS-SWDIO	Cổng lập trình nạp code cho vi xử lý
PB4	GPIO_EXTI4	Ngắt ngoài
PB9 và PB8	I2C1_SDA, I2C1_SCL	Cổng giao tiếp I2C với màn hình LCD
PA0	ADC1_IN0	Cổng vào cho điện áp tương tự chuyển sang số

3.2.2 Chu trình hoạt động

1. Khởi tạo mảng lưu giá trị ADC

2. Chế độ DMA hoạt động lưu giá trị ADC trực tiếp vào bộ nhớ (vào mảng đã được tạo ở trên)
3. Khi mảng đầy ADC dừng đồng thời bật cờ ngắt để xử lý dữ liệu trong mảng
4. Sau khi xử lý xong dữ liệu trong mảng ADC được bật trở lại cùng lúc với hiển thị giá trị đã được xử lý (giá trị ADC đo được tiếp theo sẽ ghi đè lên giá trị cũ trong mảng để tái thiết lập vòng lặp, và do ở chế độ DMA dữ liệu đo sẽ không cần phải xử lý mà lưu trực tiếp vào bộ nhớ nên vi xử lý có thể đồng thời vừa xử lý dữ liệu vừa thực hiện chức năng ADC)

Như vậy, sử dụng chế độ DMA so với các chế độ khác (polling và interrupt) để tối ưu vi xử lý tránh thời gian chết giữa các kết quả.

3.2.3 Tốc độ lấy mẫu

- Tần số của ADC: 30Mhz $pclk1 = \frac{1}{3} \cdot 10^{-7}$
- Thời gian lấy mẫu của ADC: 490 ADC CLK (480clk để lấy mẫu + 10bit resolution)
- Thời gian lấy mẫu của ADC tính được: $1,63 \cdot 10^{-5}(s)$
- + Thời gian hoàn thành 1 chu kỳ DMA: $50 \cdot 1,63 \cdot 10^{-5} = 8,15 \cdot 10^{-4}(s)$

3.2.4 Thuật toán cơ sở

1. Thuật toán tăng trung bình Exponentially Weighted Moving Average (EWMA) với độ tăng là $\alpha = 10$ trên số mẫu là 50:

$$R = \alpha * \overline{\text{Temp}} + \frac{(100 - \alpha) * R}{100}$$

trong đó R là giá trị trung bình cộng, $\overline{\text{Temp}}$ là mảng đo được, α là độ tăng của hàm

2. Sai số tương đối hiệu chỉnh từ thực nghiệm:

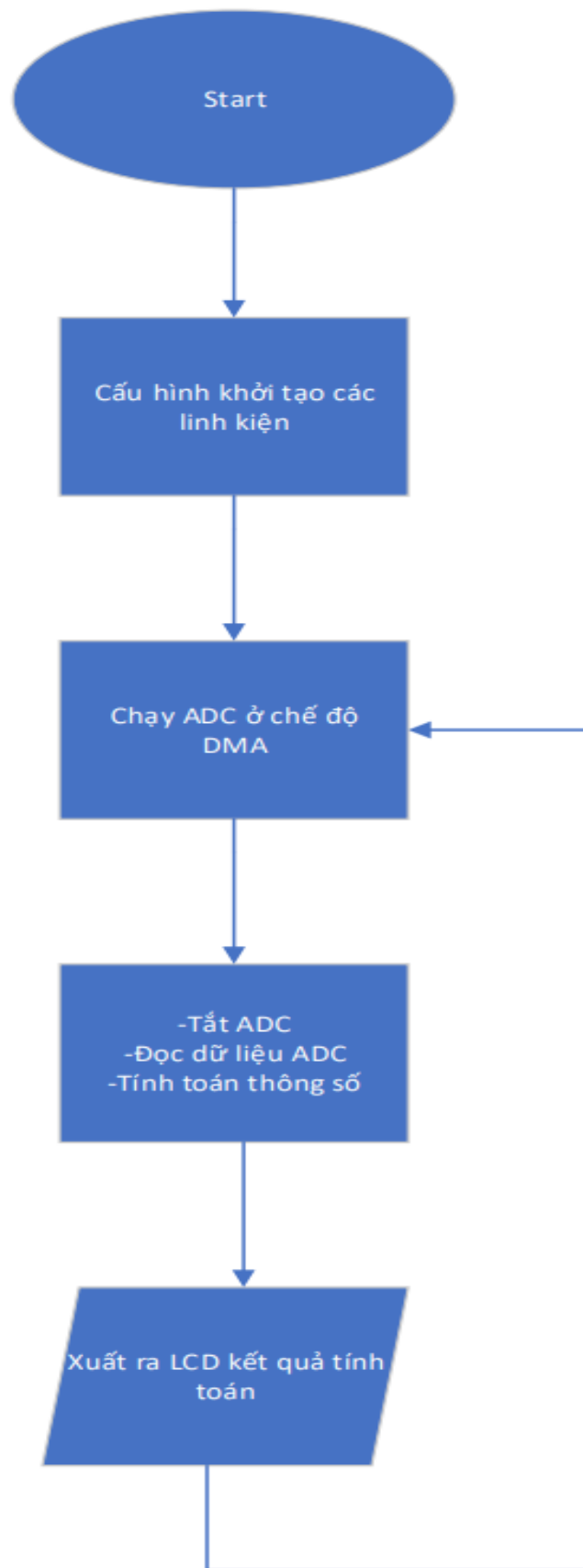
$$\text{offset} = 135$$

3. Kết quả xuất ra màn hình:

$$(R - \text{offset}) * 0,0125$$

trong đó 0.0125 là hệ số tỉ lệ ADC-khối lượng hiệu chỉnh từ thực nghiệm so với giá trị 0.01 đã tính

3.2.5 Lưu đồ thuật toán

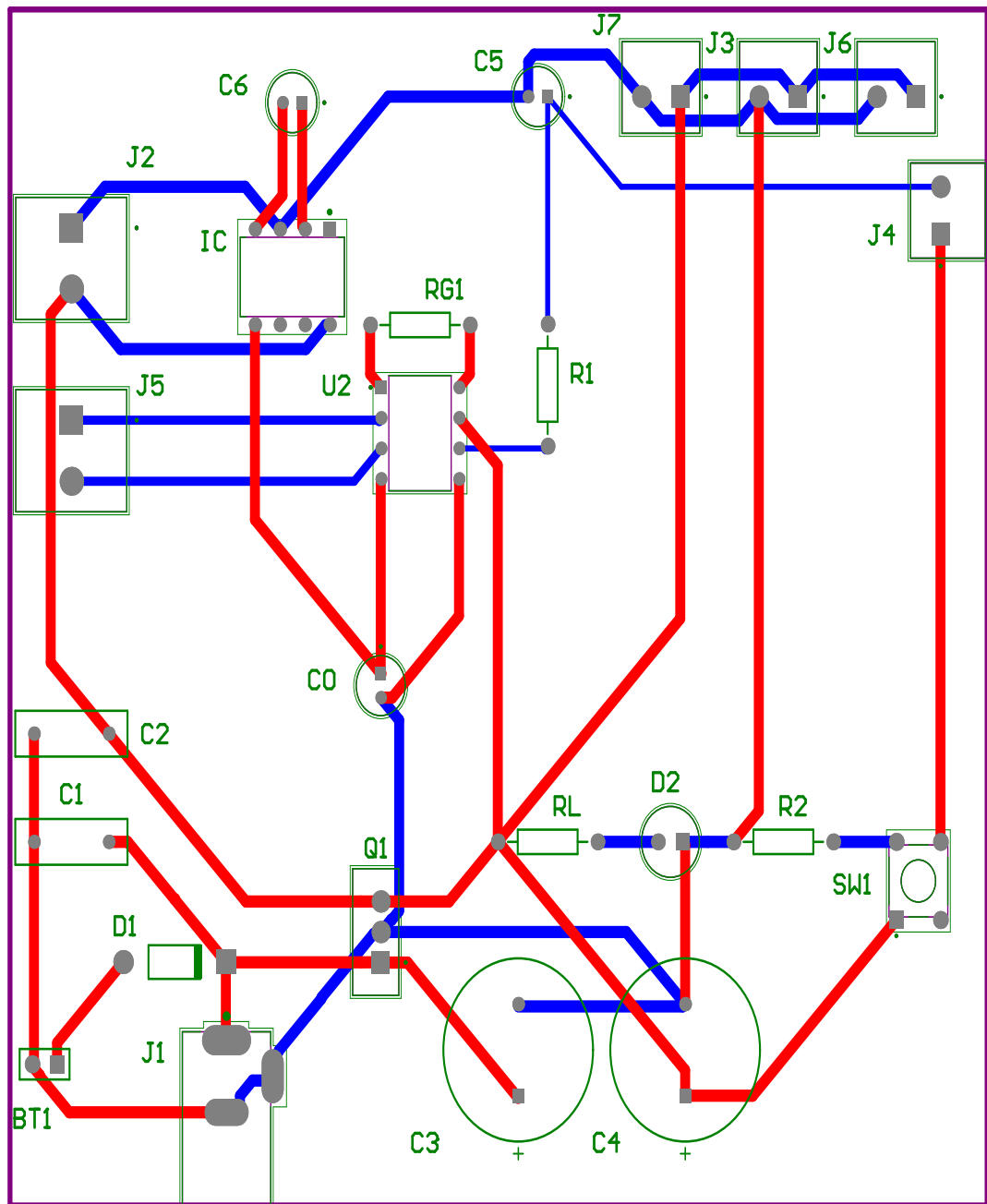


Hình 3.4. Lưu đồ lập trình

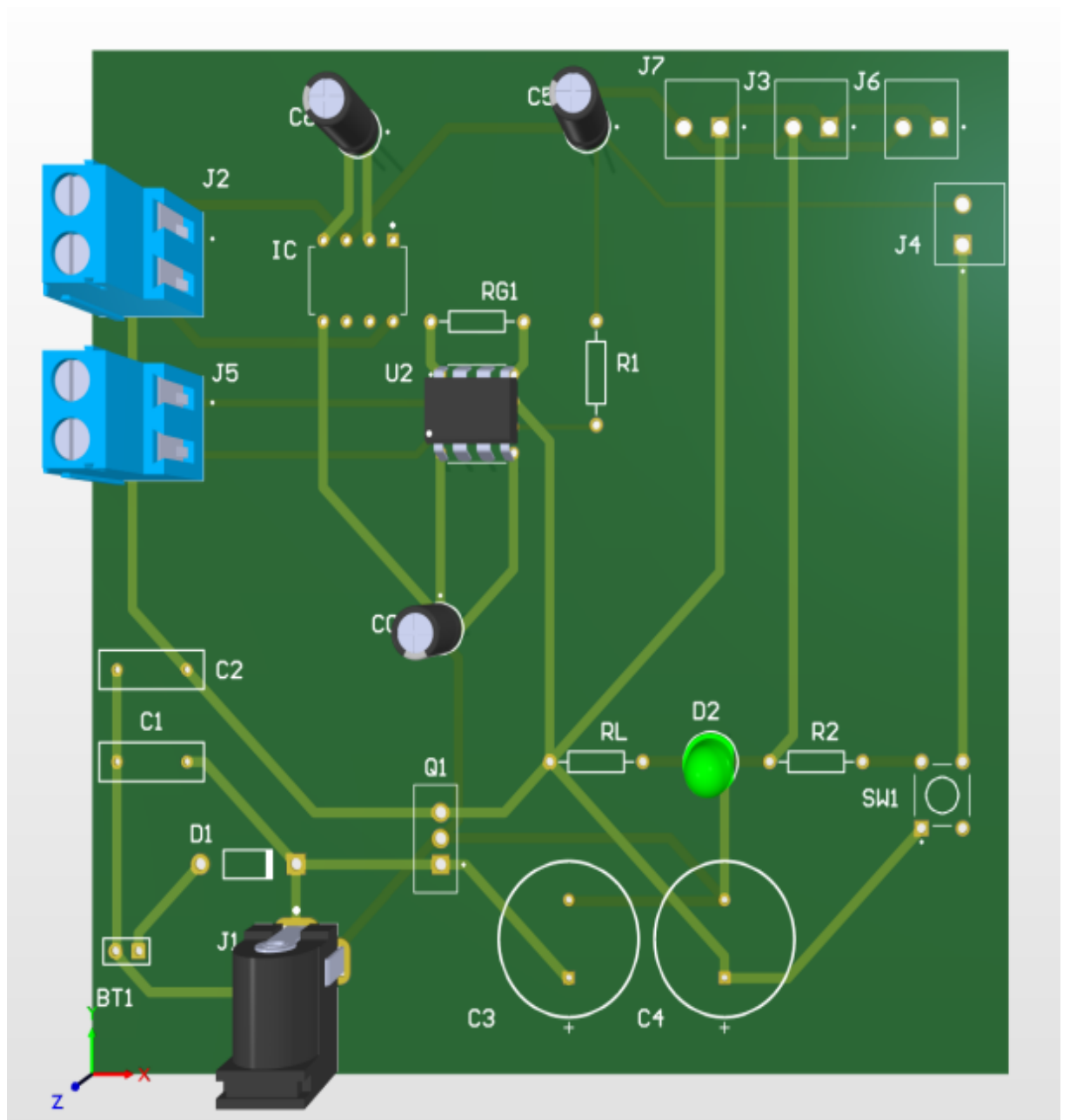
3.3 Thiết kế mạch in bằng Altium

3.3.1 PCB graphic

Mạch được thiết kế kích thước 9,5 x 9,5 cm

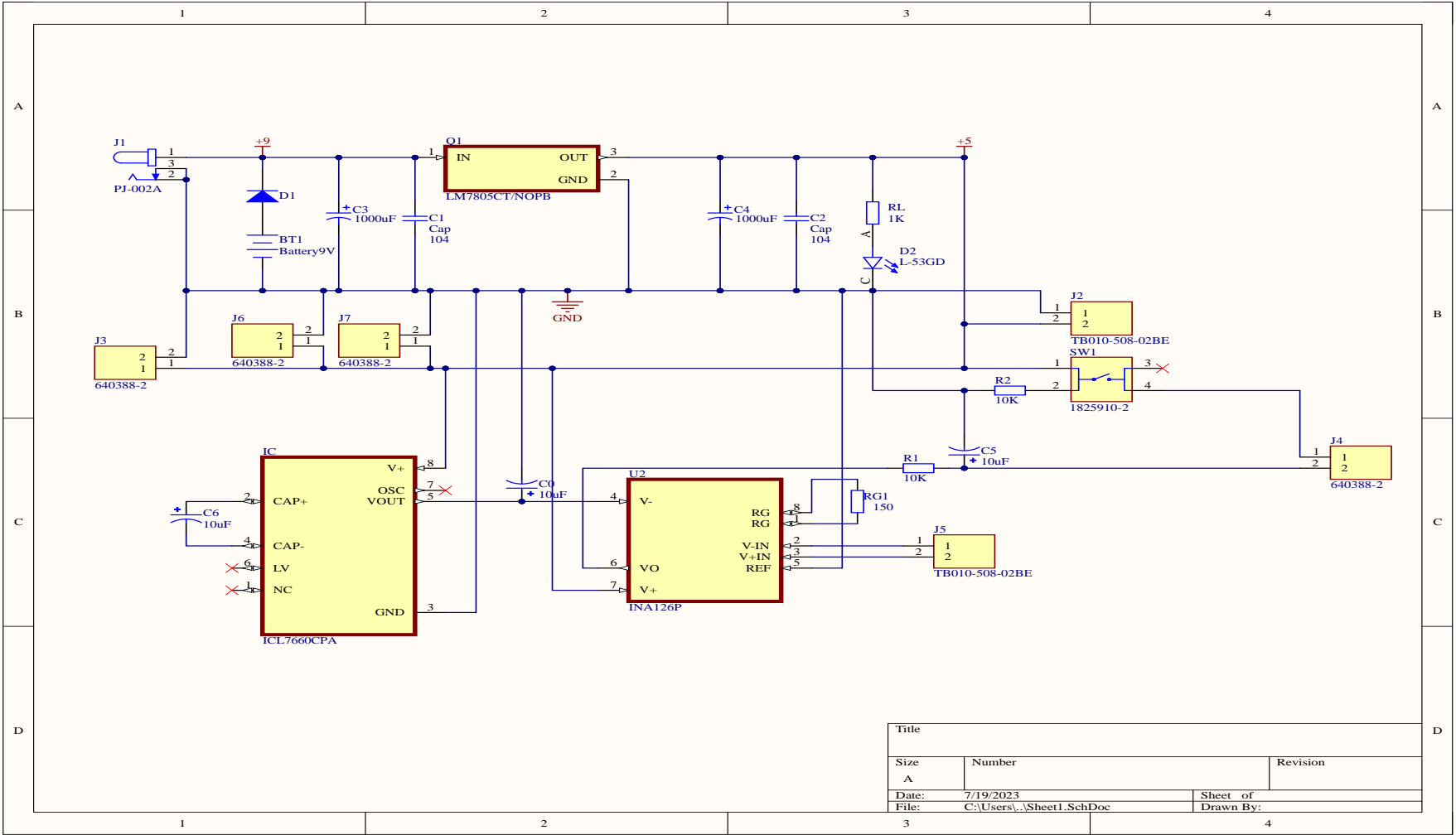


Hình 3.5. Mặt trước PCB



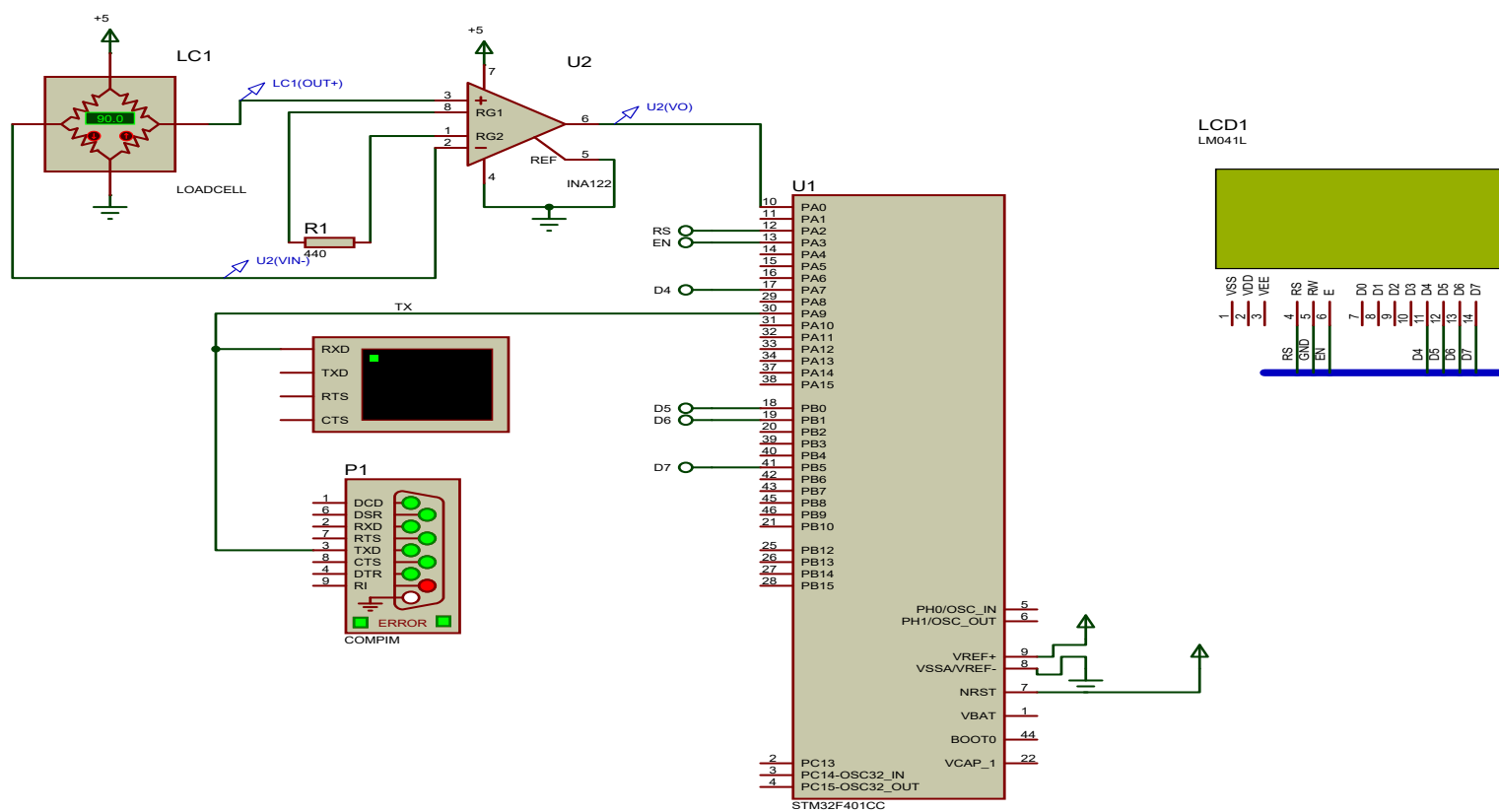
Hình 3.6. PCB 3D

3.4 Mạch nguyên lý Schematic



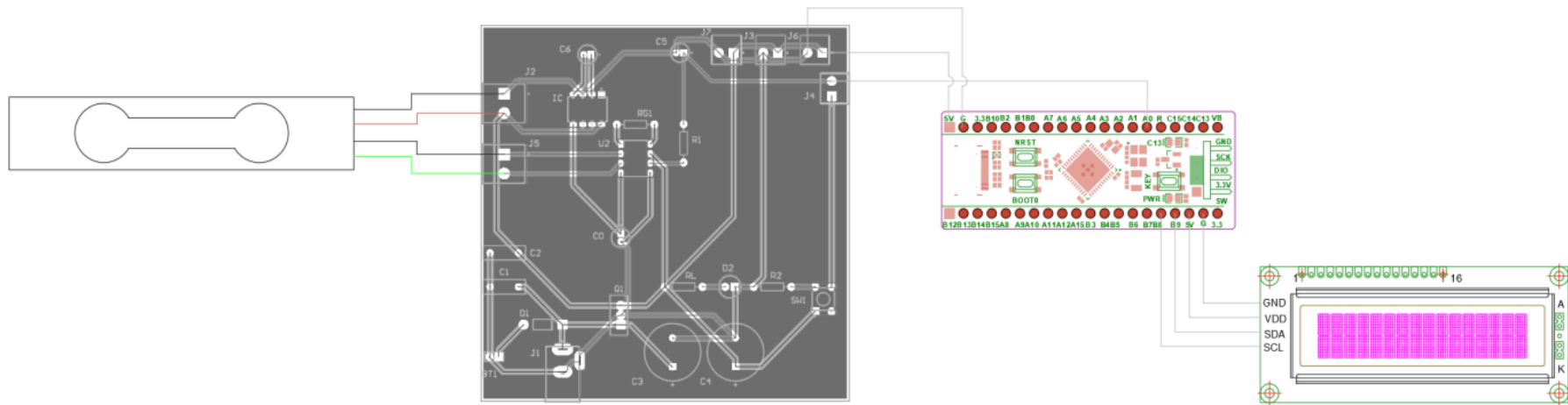
Hình 3.7. Mạch nguyên lý Schematic

3.5 Mô phỏng trên Proteus



Hình 3.8. Mô phỏng Proteus

3.6 Kết nối phần cứng



Hình 3.9. Kết nối phần cứng

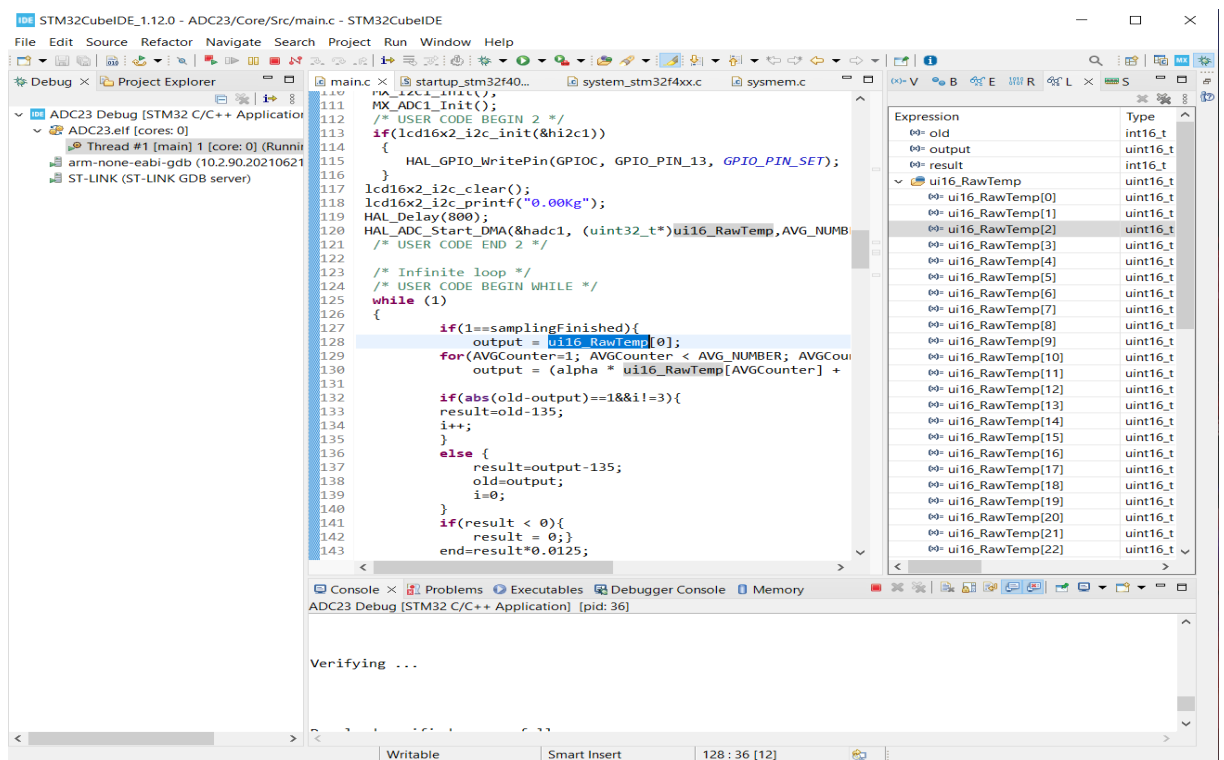
CHƯƠNG 4. MÔ PHỎNG VÀ KẾT QUẢ

4.1 Mạch chạy thực tế



Hình 4.1. Kết nối phần cứng

Màn hình debug:



Hình 4.2. Màn hình debug

4.2 Đo thí nghiệm

Lưu ý đặt vật đo ở trọng tâm vật đo.

Bảng 4.1. Kết quả thí nghiệm

Lần thí nghiệm	Vật đo tham chiếu	Giá trị hiển thị (kg)	Sai lệch(%)
1	Điện thoại 200g	0.19	5
2	Quả cân 1 kg	0.99	1
3	Quả cân 2 kg	1.98	1
4	Cốc 50g	0.05	0
5	Chai nước 500g	0.49	2

Từ bảng 4.1. ta có: Sai số trung bình: $\frac{5 + 1 + 1 + 0 + 2}{5} = 1,8\%$

Nhận thấy sai số trung bình bé hơn 2 %. Nhận định được cảm biến tốt và hoạt động ổn định. Mạch đạt được các yêu cầu kĩ thuật đề ra.

KẾT LUẬN

Sản phẩm hoàn thành đạt yêu cầu về lí thuyết và có tính chính xác cao trong thực nghiệm, phù hợp với yêu cầu của bài toán đặt ra của đề án. Qua đó hiểu được cách thiết kế của mạch đo trọng lượng, và phát triển các bài toán ứng dụng. Đánh giá:

Với những yêu cầu đặt ra như trình bày ở trước, đề án này đã thực hiện xong các nội dung đó và phần thi công hoạt động tốt. Các phần đã thực hiện và hoạt động được có thể kể ra như sau:

- Mô hình cân có gắn loadcell.
- Bộ nguồn ổn định cung cấp cho loadcell, nguồn chuẩn cấp cho ADC, và các nguồn khác cấp cho IC.
- Mạch khuếch đại tín hiệu từ loadcell.
- Mạch Vi Xử Lý và chương trình đọc ADC.
- Hiển thị kết quả cân trên màn hình LCD.
- Xử lý nhiễu bằng lọc xung thấp và phần mềm.

Mặc dù đã cố gắng nhiều nhưng phần thực hiện còn có một số hạn chế sau:

- Nhiễu vẫn còn tác động vào hệ thống làm cho việc hiển thị không ổn định dù đã xử lý chống nhiễu khá nhiều kể cả việc dùng phần mềm là lấy trung bình sau 50 lần đọc ADC. Tuy nhiên nhiễu này chỉ làm không ổn định ở số cuối nên có thể chấp nhận được và đã được khắc phục qua phần mềm. Nhiễu này có thể hạn chế được bằng cách sử dụng các linh kiện có chất lượng tốt hơn cho các nguồn và cho mạch khuếch đại...
- Mặc dù loadcell dùng trong mô hình có tải trọng chịu được là 10kg nhưng do chỉ sử dụng một loadcell nên rất khó bố trí sao cho tải trọng phân bố đều trên bàn cân. Do đó khi có khối lượng lớn đặt lên bàn cân mà không cân bằng thì kết quả có thể không được chính xác, nhưng rất đúng nếu vật cân có khối lượng nhỏ.

Qua đề án đã nhận biết được vai trò quan trọng của cảm biến trong các bài toán điều khiển quá trình nói riêng và trong các hệ thống điều khiển tự động nói chung. Là thiết bị có khả năng cảm nhận các tín hiệu điều khiển vào, ra. Có vai trò đo đạc các giá trị. Giới hạn cảm nhận với đại lượng vật lý cần đo.

PHỤ LỤC: HƯỚNG PHÁT TRIỂN

A Trong lĩnh vực IoT

- Cảm biến tải trọng đo trọng lượng và gửi dữ liệu đến bộ vi điều khiển, sau đó vi điều khiển sẽ gửi dữ liệu đến nền tảng đám mây như Blynk hoặc Thingspeak để theo dõi từ xa đồng bộ với các ứng dụng.
- Trong các hệ thống quản lý hàng tồn kho, cảm biến tải trọng có thể được sử dụng để đo trọng lượng của hàng hóa trên kệ và dữ liệu có thể được gửi tới nền tảng đám mây để quản lý hàng tồn kho và giám sát từ xa

B Trong công nghiệp

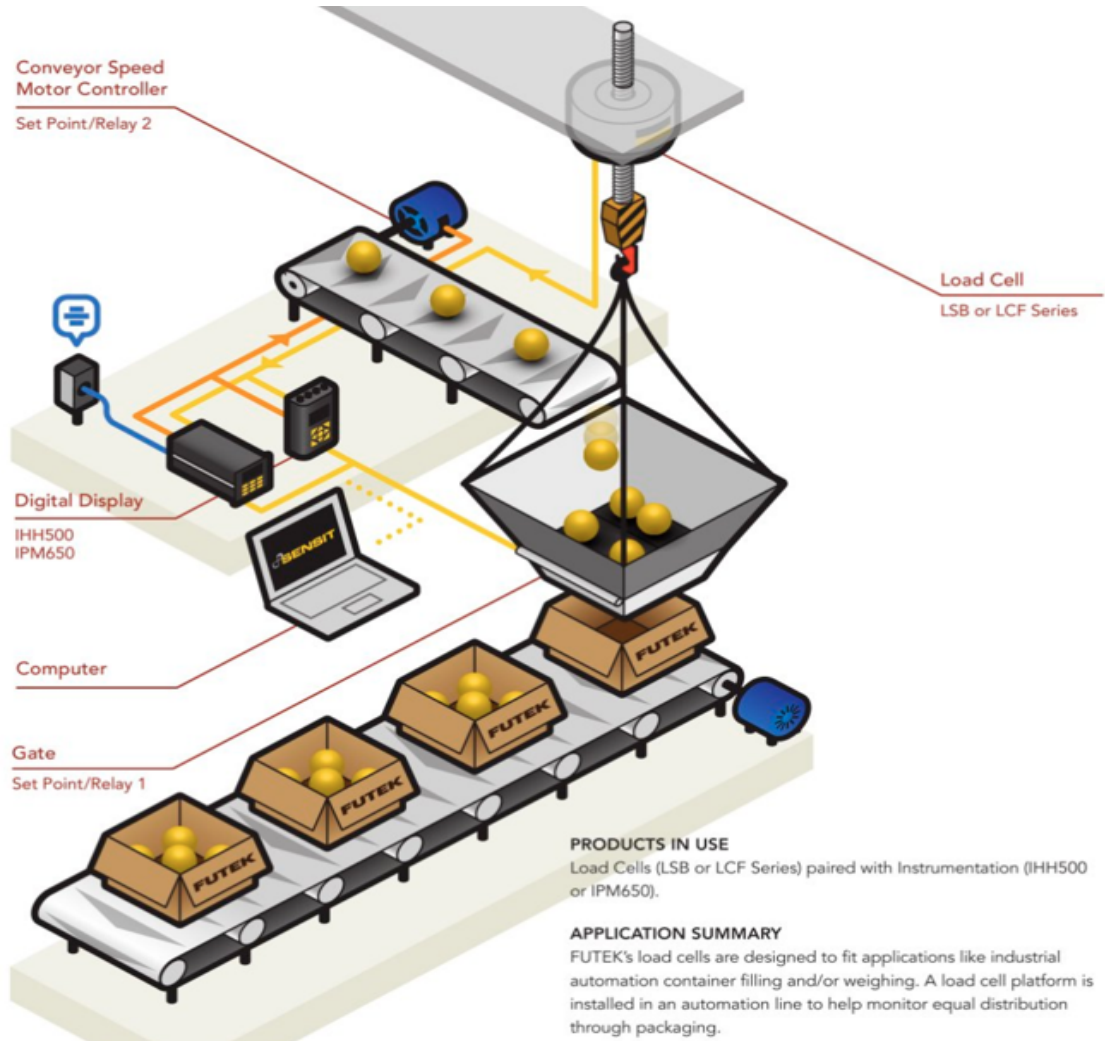
- Cảm biến tải trọng cực kỳ quan trọng trong việc duy trì các hệ thống kiểm soát chất lượng chính xác để đảm bảo tính nhất quán trong sản xuất và các quy trình an toàn. Đo lường trọng lượng cũng cho phép kiểm soát quy trình chính xác, giảm phế liệu hoặc nhu cầu xử lý lại vật liệu.
- Trong cân xe tải sử dụng nhiều load cell làm bằng vật liệu có độ bền cao để cân vật có khối lượng lớn



Hình 0.1. Cân xe tải

Phân phối đều trọng lượng trong công nghiệp: Các thể bào tải (load cell LSB and LCF Series) kết hợp với các thiết bị định hướng và thu thập dữ liệu qua máy tính

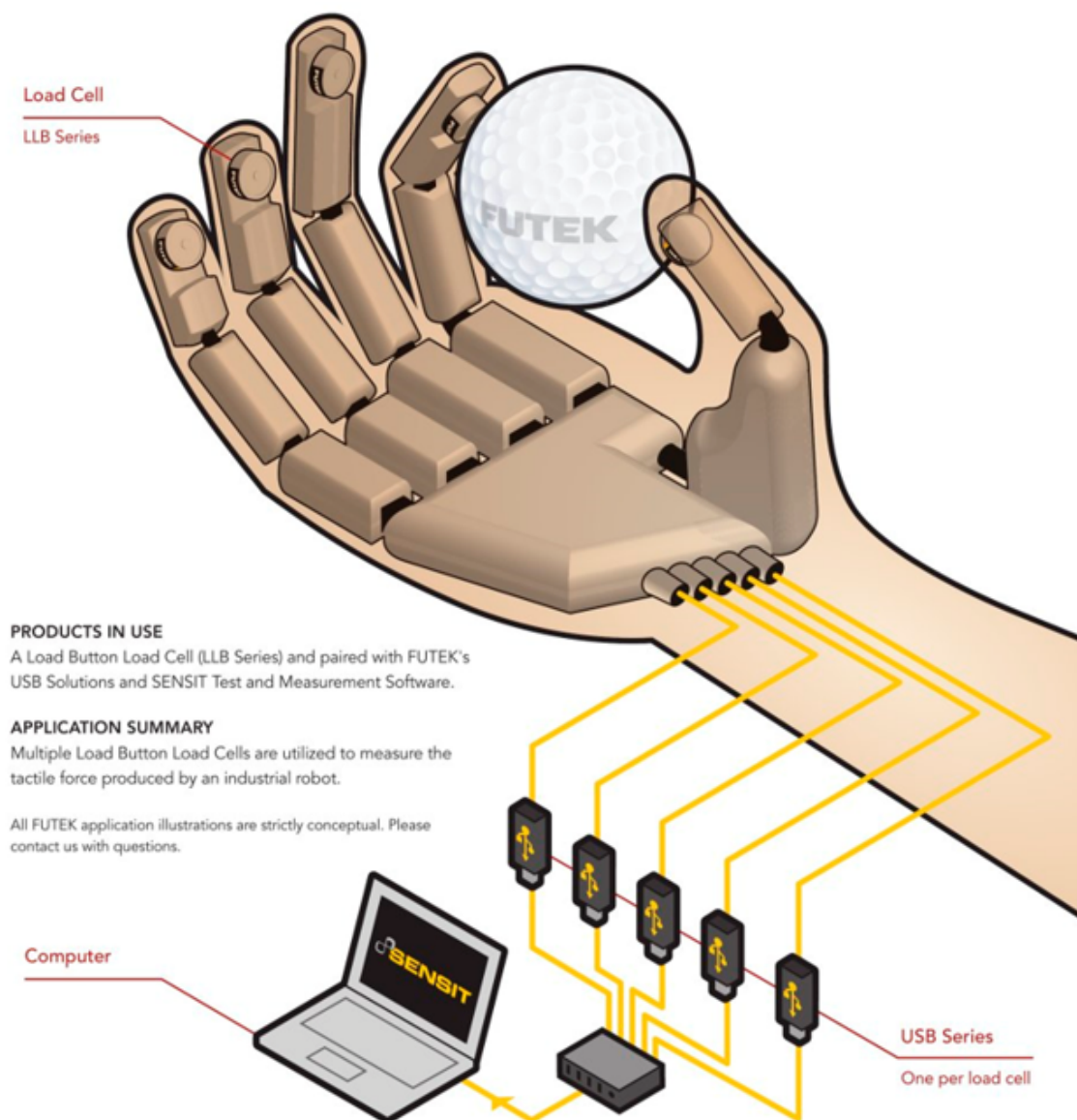
hoặc PLC Các load cell được thiết kế để phù hợp với các ứng dụng tự động hóa trong công nghiệp để phân phối đều trọng lượng sản phẩm. Như thể hiện trong sơ đồ dưới đây, load cell được lắp đặt trong dây chuyền tự động hóa, giám sát việc phân phối khối lượng vào từng bao bì một cách chính xác.



Hình 0.2. Loadcell trong công nghiệp

C Công nghệ cao

- Với nền khoa học kĩ thuật tiên tiến hiện nay thì loại load cell cỡ nhỏ cũng được cải tiến công nghệ và tính ứng dụng cao hơn. Như hình minh họa, loại load cell này được gắn vào đầu của ngón tay robot để xác định độ bền kéo và lực nén tác động vào các vật khi chúng cầm nắm hoặc nhấc lên.
- Cảm biến áp lực để xác định độ thay đổi của vật liệu khi có chất lỏng dẫn qua đường ống



Hình 0.3. Loadcell gắn vào tay robot

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] E. Lou, V. Raso, N. Durdle, and D. Hill, “An electronically integrated load cell [for monitoring pressures of orthotic braces],” *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 47, no. 2, pp. 551–553, 1998.
- [2] Y. Kim, H. Kim, and J. Lee, “Silicon-based capacitive load cell for tensile load measurement,” in *2009 Symposium on Design, Test, Integration Packaging of MEMS/MOEMS*, 2009, pp. 410–415.
- [3] D. Crescini, “Load cell for dynamic force measurements: An example in thick-film technology,” in *2012 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings*, 2012, pp. 2448–2453.