

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC CẦN THƠ
TRƯỜNG BÁCH KHOA
KHOA TỰ ĐỘNG HÓA

-----❧-----



BÁO CÁO
ĐỒ ÁN ĐIỆN TỬ CĂN BẢN
Mã học phần: KC331

**THIẾT KẾ MÔ HÌNH HỆ THỐNG CÂN ĐỊNH LƯỢNG
PHỤC VỤ CHO PHA TRỘN XI MĂNG**

CÁN BỘ HƯỚNG DẪN

TS. Nguyễn Hoàng Dũng

SINH VIÊN THỰC HIỆN

Nguyễn Đăng Khoa B1907027

Tháng 04/2023

THIẾT KẾ MÔ HÌNH HỆ THỐNG CÂN ĐỊNH LƯỢNG PHỤC VỤ CHO PHA TRỘN XI MĂNG

Nguyễn Đăng Khoa¹

ABSTRACT

In order to help minimize errors in the process of providing materials for the consolidation process, this topic will provide a solution with a model of considering the forces serving that work. The goal of this project is to help people limit errors, shortages, or excesses of materials by using mass sensors and digital signal processing systems to give the most accurate amount of materials needed to supply to the mixing systems. Some of the benefits of the project are: contributing to improving the accuracy of the quantity to be used and converting between different types of cement to be scanned automatically, saving users time, calculate, estimate. With this model, the system will process sequentially, so an error during the run is possible if a part of the input signal goes wrong. Compared with the manual mixing method, this system will be more efficient in speed, with an accurate output volume of about 90%.

Keyword: *mixed cement, mixing ratio cement, automation of production of concrete mix, microcontroller, STM32 Microcontroller, Loadcell sensor*

Title: *Designing model weighs mass to serve for mixing cement.*

TÓM TẮT

Để giúp giảm thiểu sai sót trong quá trình cung cấp vật liệu cho quá trình pha trộn nên đề tài này sẽ đưa ra giải pháp với mô hình cân định lượng phục vụ cho việc đó. Mục tiêu của đề tài này là giúp con người hạn chế sai sót, thiếu hụt hay dư thừa nguyên liệu bằng việc dùng các cảm biến đo khối lượng và hệ thống xử lý tín hiệu số để đưa ra lượng vật tư chính xác nhất cần cung cấp cho hệ thống pha trộn. Một số lợi ích của đề tài mang lại là: góp phần nâng cao tính chính xác trong định lượng khối lượng cần dùng và chuyển đổi qua lại giữa các loại vữa xi măng một cách tự động, giúp người dùng tiết kiệm thời gian tính toán, ước lượng. Với mô hình này, hệ thống sẽ xử lý tuần tự nên việc xảy ra lỗi trong quá trình chạy là có nếu một bộ phận tín hiệu vào nào đó chạy sai. So với phương pháp pha trộn thủ công thì hệ thống này sẽ có hiệu quả hơn về tốc độ, khối lượng nguyên liệu đầu ra chính xác khoảng 90%.

Từ khóa: *pha trộn xi măng, tỉ lệ pha trộn xi măng, tự động hóa sản xuất trong pha trộn bê tông, vi điều khiển, vi điều khiển STM32, cảm biến Loadcell.*

1 GIỚI THIỆU

Trong công trình xây dựng, việc pha trộn xi măng là một khâu đặc thù và rất quan trọng. Bởi vì nó sẽ ảnh hưởng đến chất lượng cũng như tính an toàn về sau. Đề tài Hệ thống cân định lượng phục vụ cho pha trộn xi măng giúp vấn đề này trở nên hiệu quả hơn so với việc pha trộn thông qua ước tính nguyên liệu bằng thủ công. Hệ thống này sẽ ước tính chính xác lượng nguyên liệu cần để pha trộn và sau đó sẽ đưa đến máy chuyên dụng để tiến hành công đoạn tiếp theo.

¹ Sinh viên lớp: Kỹ thuật Cơ điện tử A1 K45, Mã số SV: B1907027, Số ĐT: 0348967061, Email: khoab1907027@student.ctu.edu.vn

Với hệ thống này sẽ giúp hạn chế tối đa sai sót về tỉ lệ phần trăm giữa các thành phần có trong vữa và độ chính xác có thể lên đến 90% do sai số có thể dưới ± 100 gram/lần cân.

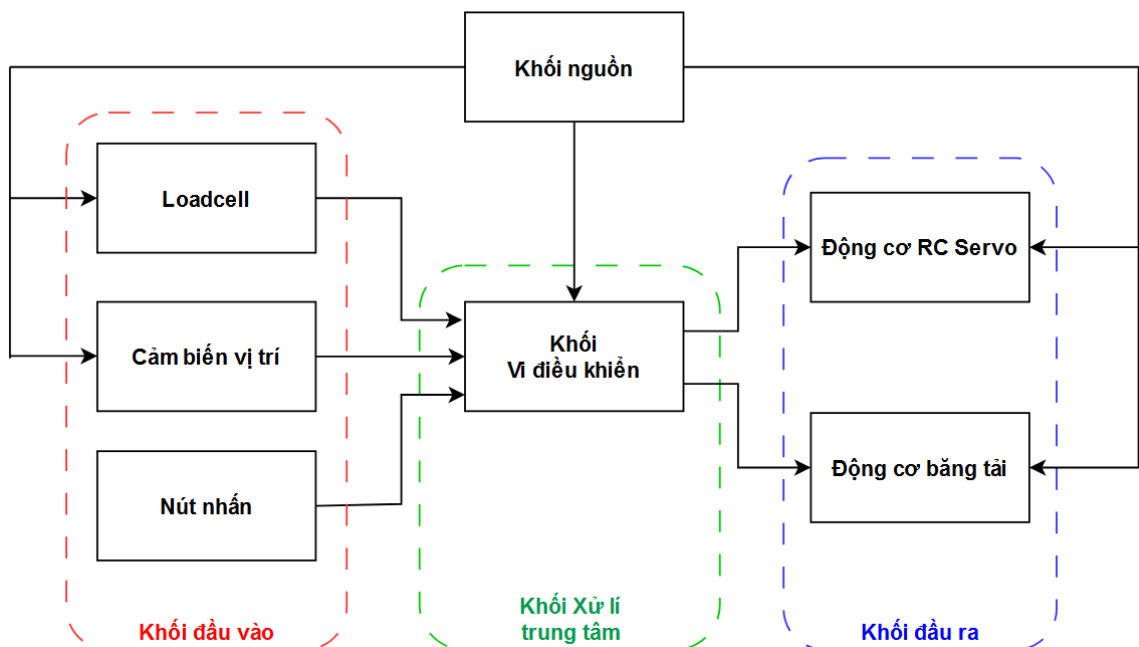
Hiện nay việc đảm bảo chất lượng cho mỗi sản phẩm là việc rất quan trọng đối với các doanh nghiệp. Việc hiệu chỉnh các thông số đầu vào cũng như đầu ra phải dễ thực hiện và thuận lợi cho người sản xuất và người điều khiển trung tâm.

Công ty TNHH Đo lường và điều khiển Sơn Hòa đã sử dụng các mô-đun đo lường, cảm biến và các biến tần của các hãng nổi tiếng trên thế giới như Omron, Siemens, Delta, ABB,...[1] Đề tài có kế thừa nguyên lý gần giống với máy phối trộn nguyên liệu này và áp dụng cho việc thiết kế mô hình hệ thống của đề tài. Công ty cổ phần Ngôi Sao Kinh Bắc đã sản xuất các dòng cân điện tử như: cân ô tô, cân định lượng băng tải, cân đóng gói, cân silô... tốt nhất.[2] Để hoạt động chính xác, cân định lượng được thiết đặt tín hiệu dừng tắt dòng nguyên liệu.

Với các sản phẩm có sẵn trên thị trường, đề tài này sẽ thực hiện mô hình hóa đơn giản lại quá trình cân định lượng phục vụ cho pha trộn xi măng. Thông qua việc thực hiện đề tài giúp chúng ta có cái nhìn cụ thể cho một hệ thống pha trộn cũng như học hỏi thêm cách lập trình phần mềm cho một hệ thống nhiều trạng thái khác nhau.

2 PHƯƠNG PHÁP THỰC HIỆN

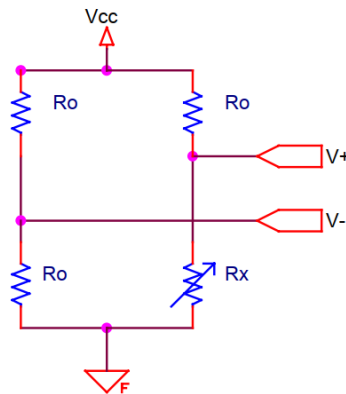
2.1 Tổng quan



Hình 1: Sơ đồ khối của hệ thống

Hệ thống cân định lượng được xây dựng theo mô hình vào ra của các phần tử có trong hệ, bao gồm 3 khối chính theo như hình 1: khối đầu vào, khối xử lý trung tâm và khối đầu ra. Theo mô hình này hệ thống sẽ thực hiện tuần tự các chức năng đã được thiết lập sẵn.

Khối đầu vào: Khối này có chức năng thu thập các tín hiệu từ các cảm biến trọng lượng (Loadcell) và các cảm biến vị trí. Hình 2 là mạch cầu Wheaton thường được dùng để chuyển đổi sự thay đổi của điện trở thành sự thay đổi của điện áp trên đường chéo của cầu với điện áp ngõ ra được tính theo công thức 1. Ngoài ra còn có các nút nhấn khởi động hay dừng khẩn cấp cho hệ thống. Các cảm biến trọng lượng sẽ thực hiện chuyển đổi lực tác động vào phần thân Loadcell thành tín hiệu điện áp để vi điều khiển có thể xử lý.

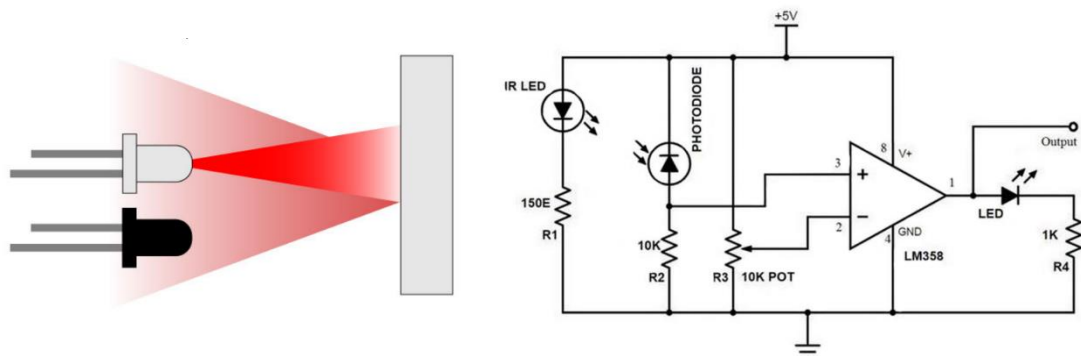


Hình 2: Sơ đồ nguyên lý mạch cầu Wheaton

$$\Delta U = \frac{\Delta R}{4R_o} V_{cc} \quad (1)$$

Hình 3: Biểu thức biểu diễn mối liên hệ giữa điện áp ngõ ra và điện trở

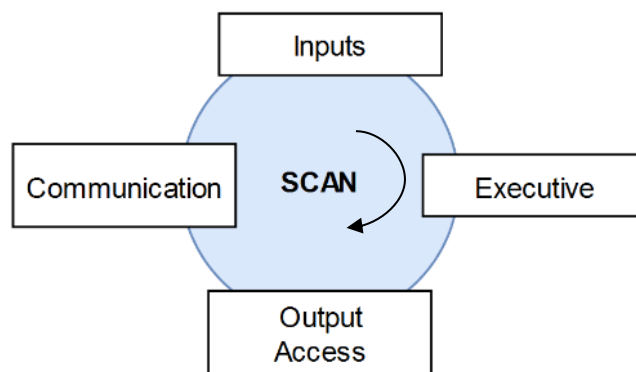
Các cảm biến vị trí sẽ xác định chính xác vị trí cần xả đúng loại nguyên liệu là cát, đá, xi măng hay nước. Cảm biến hồng ngoại có khả năng thích nghi với môi trường và có một cặp truyền nhận tia hồng ngoại.



Hình 4: Sơ đồ nguyên lý của cảm biến quang hồng ngoại

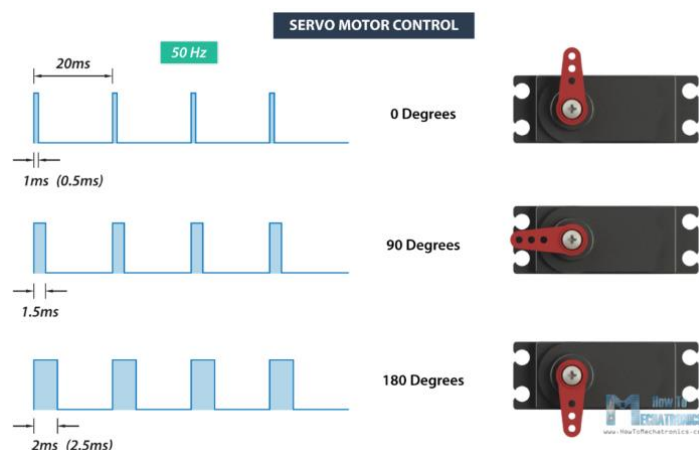
Led phát hồng ngoại (IR LED) luôn luôn phát ra sóng ánh sáng có bước sóng hồng ngoại mắt người không thể nhìn thấy ánh sáng này, vì vậy người ta sử dụng led thu hồng ngoại, led thu hồng ngoại bình thường nó có nội trở rất lớn (vài trăm $K\Omega$), khi led thu được tia hồng ngoại chiếu vào đủ lớn thì nội trở của nó giảm xuống (cỡ vài chục Ω). Khi gặp vật cản (hình 3), những chùm tia hồng ngoại gặp vật cản và phản xạ lại led thu làm led thu thay đổi giá trị điện trở. Ở đây chúng ta thấy cầu chia áp ở điện trở R2 và mắt thu hồng ngoại, sự thay đổi điện trở của mắt thu hồng ngoại dẫn đến điện áp đầu vào chân 3 Op-Amp cũng thay đổi. Khi khoảng cách càng gần, sự thay đổi càng lớn. Khi đó, điện áp đầu vào chân 3 Op-Amp được so sánh với giá trị điện áp không đổi gìm trên biến trở R3, nếu điện áp chân 3 Op-Amp lớn hơn điện áp chân 2 Op-Amp thì Op-Amp xuất mức 1. Ngược lại nếu điện áp chân 3 Op-Amp nhỏ hơn điện áp chân 2 Op-Amp thì Op-Amp xuất mức 0.

Khối xử lý trung tâm: Khối này có nhiệm vụ tiếp nhận các tín hiệu đầu vào từ các cảm biến và nút nhấn để xử lý chúng thông qua vi điều khiển (Hình 5), sau đó cho ra tín hiệu ở đầu ra để điều khiển các thiết bị chấp hành cụ thể là các động cơ RC Servo làm cần gạt cho các cửa xả và động cơ băng chuyền.



Hình 5: Sơ đồ thực thi trình tự của vi điều khiển

Khối đầu ra: Khối này có chức năng nhận tín hiệu ra từ khối trung tâm là vi điều khiển để điều khiển các cơ cấu chấp hành của hệ thống. Cơ cấu chấp hành bao gồm: động cơ RC Servo và động cơ DC của băng chuyền được điều khiển bằng xung PWM (Pulse Width Modulation). (Hình 6)



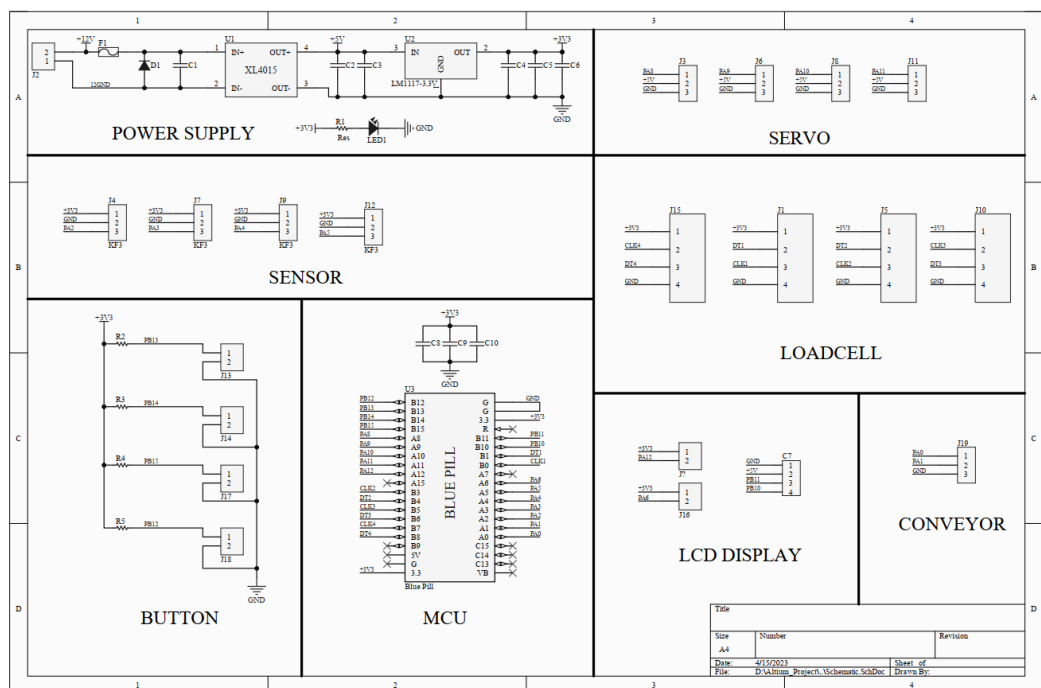
Hình 6: Nguyên lý điều khiển động cơ Servo

Bảng 1: Bảng thông số cấp phối vật liệu cho 1m³ của Mác 75 và Mác 200

Vật liệu	Mác	
	75	200
Xi măng PC30	296.03 Kg	350 Kg
Cát	1.12 m ³	0.48 m ³
Nước	220 L	189.6 L
Đá		0.899 m ³
Áp dụng	Vữa xi măng	Bê tông

2.2 Thiết kế phần cứng

Với các chức năng đã trình bày trong sơ đồ khối, phần cứng mạch điện sẽ được thiết kế với các khối chức năng như sau: khối nguồn, khối vi điều khiển, khối giao tiếp cảm biến, khối nút nhấn và khối giao tiếp cơ cấu chấp hành.

**Hình 7: Sơ đồ nguyên lý mạch điện của hệ thống**

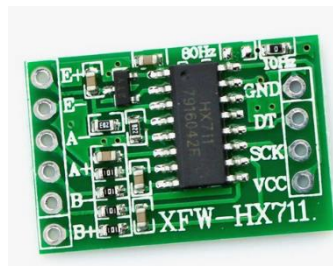
- Khối nguồn: Sử dụng nguồn vào 12VDC cho toàn bộ mô hình hệ thống như hình 7. Để phù hợp với các mức điện áp của các linh kiện khác ta sẽ hạ áp thông qua 2 tầng. Tầng 1 sẽ thực hiện hạ áp từ 12VDC xuống 5VDC bằng mạch nguồn xung hạ áp DC - DC Buck LM2596. Tầng 2 sẽ tiếp tục hạ áp từ 5VDC xuống 3.3VDC bằng IC nguồn giảm áp LM1117 - 3.3. Mạch nguồn được thiết kế thêm một số linh kiện khác nhằm mục đích lọc nhiễu cho điện áp ra ổn định hơn và hạn chế quá dòng cho mạch.
- Khối vi điều khiển: Vi điều khiển STM32F103C8T6 được sử dụng làm bộ phận xử lý trung tâm của hệ thống. Với các chức năng đủ đáp ứng cho nhu cầu của hệ

thống này như các chân vào ra đa dụng GPIO, bộ định thời Timer, bộ giao tiếp truyền thông I2C. STM32F103C8T6 đã được sử dụng rộng rãi trong vài năm trở lại đây với các ưu điểm nhiều hơn so với các dòng vi điều khiển đời cũ như AVR và 8051. STM32F103C8T6 là dòng vi điều khiển 32 bit, thuộc họ F1 của dòng chip STM32 hãng ST. Chip được thiết kế trên lõi ARM Cortex M3 với tốc độ tối đa 72 MHz. Bảng 2 sẽ trình bày thông số nổi bật của STM32F103C8T6.

Bảng 2: Bảng thông số nổi bật của vi điều khiển STM32F103C8T6

Bộ nhớ	Flash	64 Kbytes
	SRAM	20 Kbytes
Bộ dao động	Nội	8 MHz hoặc 40 kHz
	Ngoại	4 MHz – 20 MHz và 32.768 kHz (RTC)
Điện áp hoạt động		2.0 – 3.6 V
Analog to Digital (ADC)		2 bộ 12 bit
Timer		7 bộ, có System Tick Timer
Giao tiếp	I2C	2 bộ
	USART	3 bộ
	SPIs	2 bộ

- Khối giao tiếp cảm biến Loadcell: Thực hiện chuẩn giao tiếp đồng bộ qua hai dây Clock(CLK) và Data(DT). Do tín hiệu điện thế của Loadcell sinh ra rất nhỏ hàng mV từ công thức (1) nên cần một mạch khuếch đại điện áp ra và chuyển đổi từ tín hiệu tương tự (analog signal) sang tín hiệu số (digital signal) với 24 bit giá trị cho vi điều khiển xử lý.



Hình 8: Module HX711

HX711 với tính năng biến đổi 24 bit kênh đôi Analog/Digital nhờ bộ khuếch đại cảm biến áp lực có sẵn trong một bảng mạch nhỏ gọn. Với bảng mạch này có sẵn các chân kết nối dễ dàng giữa vi điều khiển với Loadcell. Nó có 2 dây riêng biệt để giao tiếp với vi điều khiển là Data và Clock.

- **Khởi cơ cấu chấp hành:** Các động cơ RC Servo được điều khiển thông qua độ rộng xung PWM để thay đổi được góc quay tương ứng. Sử dụng timer của STM32F103C8T6 để chọn kênh xuất xung cho động cơ với chu kì cố định là 20ms (50Hz). Động cơ DC của băng chuyền cũng được điều khiển thông qua PWM và mạch lái L298.



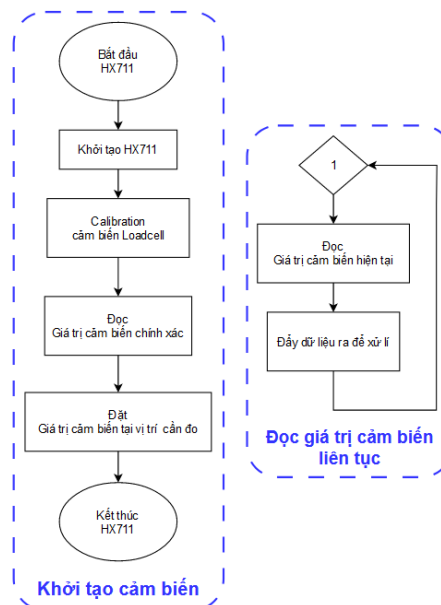
Hình 9: Động cơ Servo

Servo MG996R đây là bản nâng cấp từ servo MG995 về momen xoắn, tốc độ, lực kéo và độ chính xác. Momen làm việc : 11kg/cm (tại điện áp 6V), 9.4kg/cm (tại điện áp 4.8V).

- **Khởi nút nhấn:** Các nút nhấn khởi động và dừng khẩn cấp để kích hoạt hệ thống. Bên cạnh đó còn có các nút nhấn chọn chế độ là Mác 75 và Mác 200. Ứng với mỗi Mác sẽ có cơ chế cân và số lần cân khác nhau.

2.3 Thiết kế phần mềm

2.3.1 Thiết kế giải thuật giao tiếp khối cảm biến Loadcell:

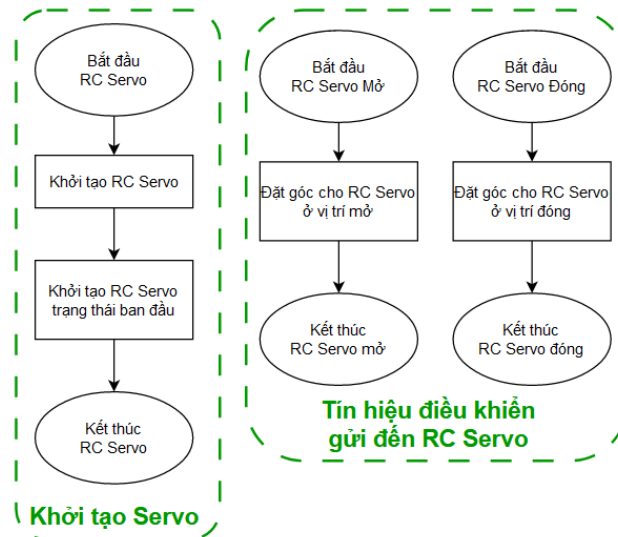


Hình 10: Lưu đồ khối cảm biến Loadcell

Giải thích lưu đồ: Chương trình chính bắt đầu với việc khởi tạo cảm biến Loadcell để thực hiện truyền dữ liệu về vi điều khiển. Sau đó tiếp tục thực hiện chuẩn hóa giá trị của cảm biến đúng theo trạng thái hiện tại (khi chưa thực hiện cân và cảm biến loadcell cân bằng). Cuối cùng đọc giá trị sau khi chuẩn hóa lần cuối để hoàn thành việc chuẩn hóa giá trị cho cảm biến và đặt giá trị tại đó làm chuẩn cho các lần đo lần sau. Để thực hiện lấy giá trị của cảm biến khi cân, ta sẽ quét liên tục với khoảng thời

gian rất nhanh do vi điều khiển quy định. Dữ liệu đọc được từ cảm biến sẽ điều khiển các thiết bị cơ cấu chấp hành khác.

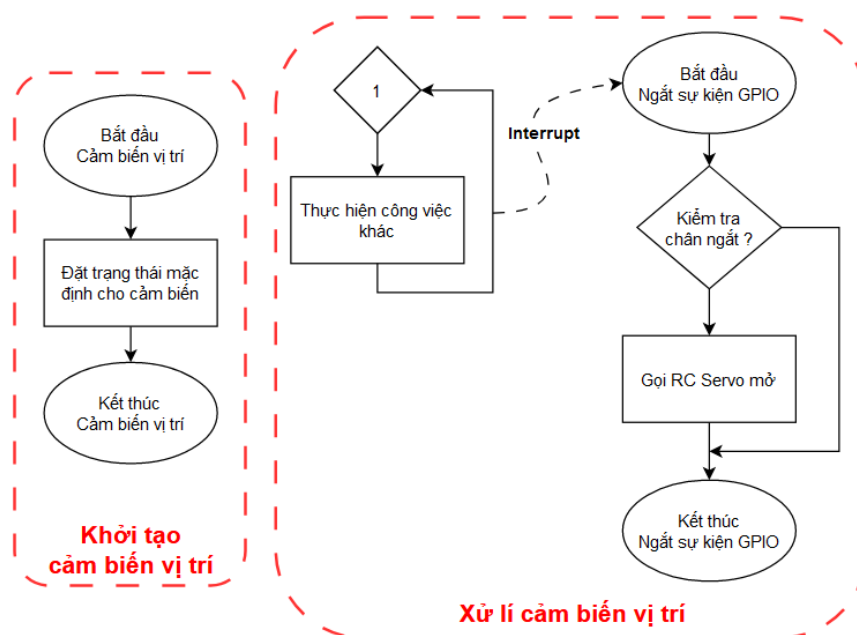
2.3.2 Thiết kế giải thuật điều khiển cơ cấu chấp hành:



Hình 11: Lưu đồ khối điều khiển Servo

Giải thích lưu đồ: Chương trình chính sẽ khởi tạo các RC Servo để truyền tín hiệu từ vi điều khiển đến các RC Servo bằng phương pháp điều khiển độ rộng xung PWM và thực hiện đặt trạng thái ban đầu cho các động cơ Servo là ở vị trí đóng. Nếu có sự kiện yêu cầu đóng hoặc mở động cơ Servo thì sẽ gọi các hàm xử lý đóng hay mở tương ứng. Ở đây chỉ có hai góc đặt Servo tương ứng với hai trạng thái mở hoặc đóng.

2.3.3 Thiết kế giải thuật khối giao tiếp cảm biến vị trí:

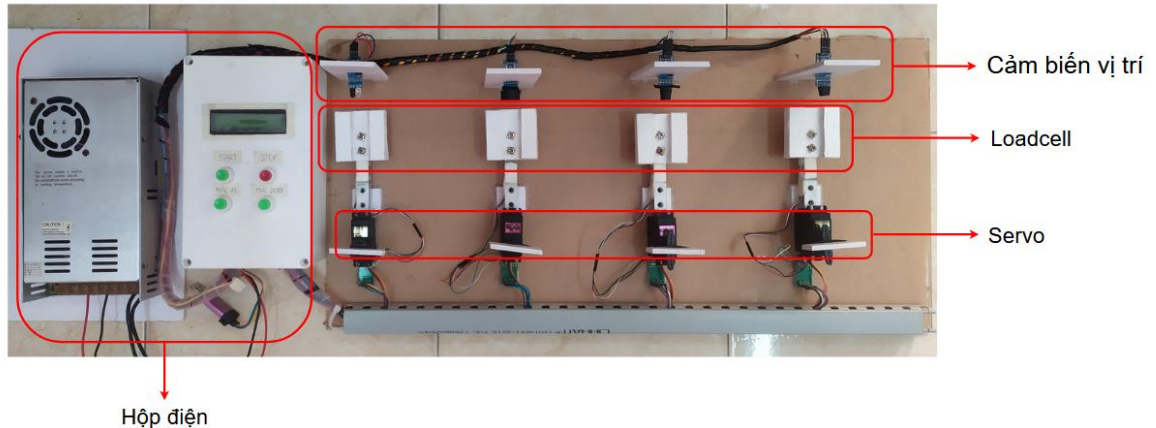


Hình 12: Lưu đồ khối xử lý cảm biến vị trí

Giải thích lưu đồ: Chương trình chính bắt đầu bằng việc khởi tạo tất cả các cảm biến ở trạng thái mặc định (chưa nhận vật cản). Khi vật dừng di chuyển đến cảm biến vị

trí sẽ xảy ra ngắt ngoài ở chân GPIO tương ứng của vi điều khiển. Hàm xử lý ngắt sẽ được gọi để xử lý và điều khiển đóng mở cửa xả nguyên liệu bằng Servo. Nếu số lần cân đã đủ đối với mỗi loại nguyên liệu thì sẽ chuyển sang trạng thái cân nguyên liệu khác.

2.4 Thiết kế phần cứng mô hình:



Hình 13: Mô hình hệ thống hoàn chỉnh

Hệ thống gồm có 4 phần chính: phần cảm biến vị trí vật cân, phần cảm biến Loadcell, phần động cơ Servo và phần hộp điện.

2.4.1 Thiết kế phần khung cảm biến vật cân:

Các khung giá đỡ cảm biến gồm 4 cái dựng đối diện cảm biến Loadcell nhằm mục đích xác định chính xác vị trí của vật đựng di chuyển đến. Khoảng cách để cảm biến nhận diện được vật đựng là khoảng 1 - 2 cm. Các cảm biến được cố định bởi các tấm phôm bằng nhựa và dán keo silicon.

2.4.2 Thiết kế phần khung cảm biến trọng lượng Loadcell:

Giá đỡ cảm biến loadcell được cố định cứng một đầu vào khung nền của hệ thống và để tự do ở đầu còn lại. Ở đầu còn lại này sẽ gắn tấm phôm để tăng kích thước chứa vật đựng không bị nghiêng lắc trong lúc cân.

Mạch khuếch đại và chuyển đổi tín hiệu điện áp HX711 được cố định cứng vào khung nền bằng keo silicon và được đặt gần với cảm biến loadcell nhằm hạn chế sai số trong quá trình truyền tín hiệu đến mạch.

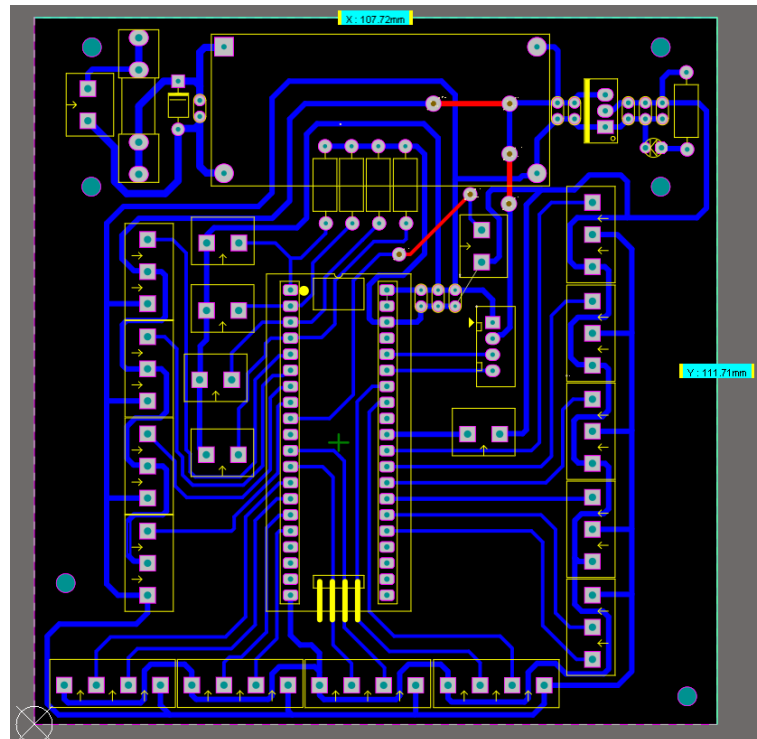
2.4.3 Thiết kế phần khung đóng mở cửa nguyên liệu với động cơ Servo:

Hệ thống cần gạt đóng mở cửa cung cấp nguyên liệu được mô hình hóa lại bằng cách sử dụng động cơ Servo. Các động cơ sẽ có nhiệm vụ chính là mở ra khi có vật chứa đựng đến vị trí tương ứng và đóng lại khi lượng nguyên liệu đã đủ. Tín hiệu điều khiển các động cơ này phụ thuộc vào khối xử lý trung tâm.

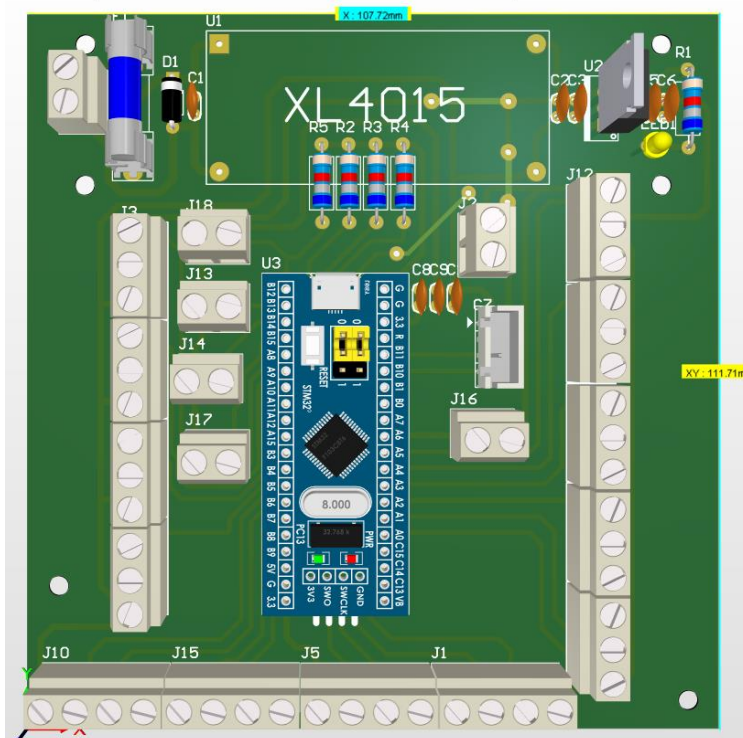
3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Phần mạch điện và hộp điện của hệ thống

- Phần mạch điện được kẻ trên phần mềm chuyên vẽ mạch Altium. Các khối được chia ra cho việc quản lí hay bảo trì mạch trở nên một cách dễ dàng hơn. Phần mạch PCB được thiết kế vừa với kích thước của hộp điện nhựa. Kích thước của PCB (Hình 14 và Hình 15) của mạch điện khoảng 10.7x11.1 (cm).



Hình 14: Mặt dưới của PCB



Hình 15: Mạch điện với góc nhìn 3D

- Phần hộp điện (Hình 16) bằng nhựa ABS với chất liệu chịu được nhiệt độ của môi trường. Trên bề mặt của hộp bao gồm các phím chức năng và màn hình hiển thị LCD. Về phím chức năng gồm có 4 phím: phím bắt đầu hệ thống (START), phím dừng hệ thống (STOP), phím chọn chế độ Mác 75 và phím chọn chế độ Mác 200. Còn phần hiển thị thông qua LCD sẽ cho hiển thị lên các thông số ở màn hình chính là: chế độ Mác hiện tại, khối lượng của nguyên liệu đang đổ vào vật chứa và số lần đã cân với mỗi nguyên liệu.



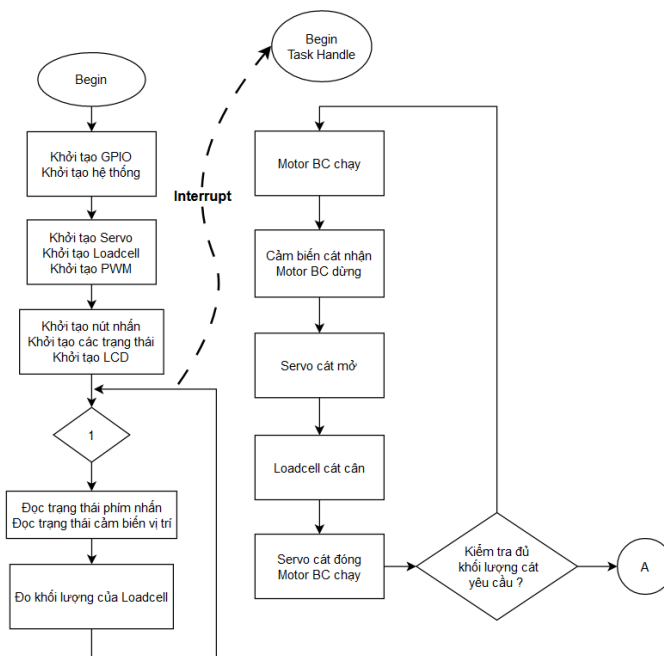
Hình 16: Hộp điện thực tế

3.2 Phần mô hình hệ thống và lưu đồ giải thuật chương trình:

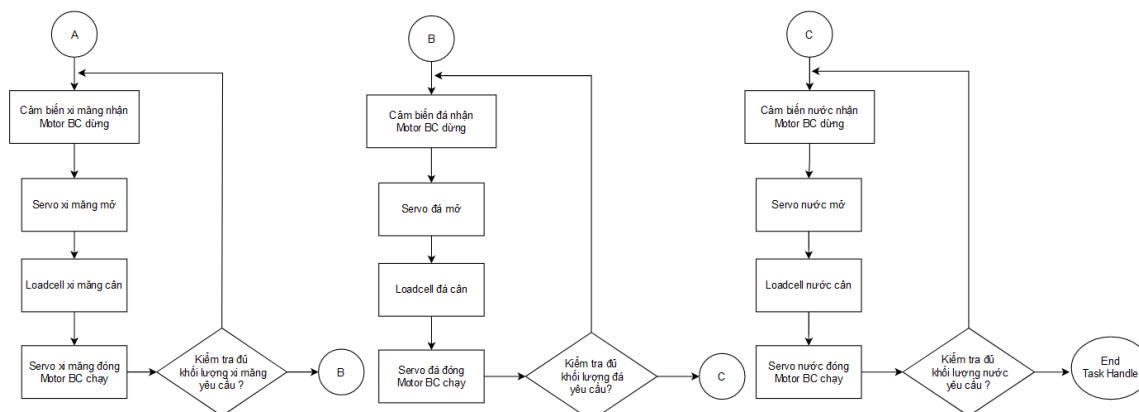
Phần mô hình được thiết kế mô phỏng lại quá trình cân định lượng ở dạng tĩnh kết hợp với băng tải. Phần mô hình gồm có 3 khu vực chính là: khu vực lắp cảm biến vị trí, khu vực lắp cảm biến Loadcell và khu vực lắp động cơ Servo. Hệ thống sẽ tiến hành cân từ phải qua trái với lần lượt thứ tự cân mỗi nguyên liệu được cài đặt sẵn trong chương trình và số lần cân một nguyên liệu cũng sẽ được thiết lập sẵn, nếu số lần cân của một nguyên liệu đã đủ thì sẽ chuyển sang chu trình cân nguyên liệu khác. Quá trình cân được cài đặt lần lượt như sau:

- Mác 75 với chu trình cân là:
 - Chu trình 1: Cát
 - Chu trình 2: Xi măng
 - Chu trình 3: Nước
- Mác 200 với chu trình cân là:
 - Chu trình 1: Cát
 - Chu trình 2: Xi măng
 - Chu trình 3: Đá
 - Chu trình 4: Nước

Lưu đồ giải thuật của chương trình:



Hình 17: Lưu đồ giải thuật chương trình chính phần 1



Hình 18: Lưu đồ giải thuật chương trình chính phần 2

Kết quả đã thực hiện được biểu diễn chi tiết qua các thông số sau trong bảng 3:

Bảng 3: Bảng thông số định lượng của toàn bộ hệ thống

Chức năng	Cân tự động
	Hiện thị thông số theo thời gian thực
Thời gian đáp ứng về mặt chương trình	Nhanh, không trì hoãn
Khả năng giới hạn Loadcell	< 1 Kg
Số lần cân	1 lần
Sai số cân	±3 gram
Bảo trì và nâng cấp	Dễ

Theo các kết quả trên thì đã đáp ứng được một phần yêu cầu đặt ra. Còn thiếu một số thiết bị để bám sát với thực tế hơn. Tốc độ của toàn bộ hệ thống phụ thuộc vào tốc độ băng tải và đường kính của cấp nguyên liệu là chủ yếu.

Hệ thống chạy đúng với các thông số đã thiết lập sẵn nhưng vẫn còn một số trường hợp bị treo hệ thống là do chương trình viết chưa được tối ưu, hiệu quả. Hệ thống cần phải chia ra những phần tử nhỏ hơn để tiện thao tác và khắc phục sai sót.

4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

- Phương pháp thiết kế đã đúng được một phần của mục tiêu là thiết kế một hệ thống cân định lượng ở dạng tĩnh để phục vụ cho pha trộn xi măng. Với thiết kế dưới dạng mô hình này về giải thuật chương trình sẽ gần giống nhất với thực tế. Khi áp dụng vào thực tế chúng ta chỉ cần chỉnh sửa lại một chút và thêm giải thuật để điều khiển hiệu quả và tối ưu hơn.
- Ưu điểm: Hệ thống này đã biểu diễn một cách khái quát cho hệ thống cân lớn hơn. Ngoài ra phục vụ cho cân định lượng nguyên liệu xây dựng thì có thể chuyển sang cân nguyên liệu khác một cách dễ dàng. Khắc phục được tình trạng thao tác bằng tay quá nhiều trên bảng điều khiển.
- Nhược điểm: Hệ thống chỉ được thiết kế dưới dạng mô hình nên còn thiếu một số phần để trở nên hoàn chỉnh. Hệ thống sẽ có giới hạn cân nên phải chia ra nhiều lần cân điều đó dẫn đến sai số tăng và làm chậm quá trình cung cấp nguyên liệu đến đầu ra.
- Để khắc phục được nhược điểm trên, cần phải thêm bằng chuyển để mô phỏng chính xác quá trình cân cũng như khả năng đáp ứng của hệ thống điều khiển. Sử dụng Loadcell có giới hạn cân lớn hơn để cân nhằm mục đích hạn chế lại số lần cân một nguyên liệu. Sử dụng các cảm biến có độ bền và độ chính xác cao để tối ưu khả năng chính xác.

CẢM ƠN

Qua đề tài này, em xin cảm ơn thầy Nguyễn Hoàng Dũng đã cho em cơ hội để thử sức với việc lập trình một hệ thống nhúng có nhiều trạng thái. Nhờ có sự giúp đỡ và đóng góp ý kiến từ thầy mà em mới có thể hoàn thành đồ án tốt nhất có thể. Em xin cảm ơn bạn bè đã hỗ trợ nhiệt tình cho em trong suốt quá trình làm đồ án này. Cuối cùng em gửi lời cảm ơn đến bạn bè đã đọc và đóng góp ý kiến để em hoàn chỉnh lại đồ án tốt hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Công ty TNHH Đo lường và điều khiển Sơn Hòa, 2015. *Cân định lượng, phối trộn nguyên liệu*. Truy cập từ <https://daychuyentudong.vn/can-dinh-luong-phoi-tron-nguyen-lieu> vào ngày 13 tháng 11 năm 2022.
- [2] Công ty Cổ Phần Ngôi Sao Kinh Bắc, 2023. *Cân định lượng phối trộn nguyên liệu tại Bắc Ninh*. Truy cập từ <https://candientu24h.vn/can-dinh-luong-phoi-tron-nguyen-lieu-tai-bac-ninh.html> vào ngày 13 tháng 11 năm 2022.
- [3] Yifeng Zhu, 2018. *Embedded Systems with ARM Cortex-M Microcontrollers in Assembly Language and C*. E-Man Press LLC, 711 trang.
- [4] Muhammad Tahir và Kashif Javed, 2017. *ARM microprocessor systems _ Cortex-M architecture, programming, and interfacing*. Taylor and Francis Group, 651 trang.

- [5] Công ty TNHH Vật liệu Xây dựng mới Tenzi, 2022. *Trộn xi măng với nước cùng tỷ lệ chuẩn nhất*. Truy cập từ <https://tenzi.com.vn/tron-xi-mang-voi-nuoc-cung-ty-le-chuan-nhat/> vào ngày 16 tháng 12 năm 2022
- [6] Công ty TNHH Vietnamarch, 2016. *Tỷ lệ trộn bê tông mác 200 trong xây dựng*. Truy cập từ <https://vietnamarch.com.vn/ty-le-tron-be-tong-mac-200-trong-xay-dung/> vào ngày 13 tháng 04 năm 2023.
- [7] Công ty TNHH Vật liệu xây dựng Sài Gòn CMC, 2020. *1 bao xi măng trộn bao nhiêu cát là chuẩn nhất*. Truy cập từ <https://khocatdaxaydungcmc.com/1-bao-xi-mang-tron-bao-nhieu-cat/> vào ngày 13 tháng 04 năm 2023.
- [8] Khuê Nguyễn Creator, 2021. *Lập trình STM32 với LCD I2C sử dụng module PCF8574*. Truy cập từ <https://khuenguyencreator.com/lap-trinh-stm32-voi-lcd-i2c-su-dung-module-pcf8574/> vào ngày 15 tháng 02 năm 2023.
- [9] Nima Askari, 2020. *HX711 Library for STM32*. Truy cập từ <https://github.com/nimaltd/HX711> vào ngày 10 tháng 11 năm 2022.