

**Trường Đại Học Bách Khoa  
Đại học Quốc Gia Thành Phố Hồ Chí Minh  
Khoa Điện- Điện tử**



**BÁO CÁO BÀI TẬP LỚN**

**MÔN: ĐIỆN TỬ ỨNG DỤNG**

**Đề tài: Thiết kế cân tiểu ly**

**Giảng viên: Nguyễn Trung Hiếu**

**Sinh viên thực hiện:**

STT	Họ và tên SV	MSSV	Nhóm
1	Lê Huyền Trang	1915577	4
2	Phan Thành Trung	1910648	
3	Lộ Đức Nhân	1914436	
4	Võ Văn Thái	1915126	

*Thành phố HCM ngày 1 tháng 1 năm 2022*

# MỤC LỤC

## Table of Contents

MỤC LỤC.....	2
PHẦN I: GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI.....	3
1. Cơ sở lý thuyết.....	5
1.1. Strain Gauge và Loadcell .....	3
1.2 Cân tiêu ly.....	4
2. Các linh kiện sử dụng.....	5
II. THIẾT KẾ .....	9
1. PHẦN CỨNG .....	9
1.1 Block Diagram.....	9
1.2 Tính toán và thiết kế.....	10
1.3 Sơ đồ mạch chi tiết .....	13
2. PHẦN MỀM .....	13
2.1 Lưu đồ giải thuật.....	14
2.2 Code chương trình: .....	15
PHẦN III: SẢN PHẨM THỰC TẾ .....	15
PHẦN IV: TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	20

## PHẦN I: GIỚI THIỆU ĐỀ TÀI

### 1. Cơ sở lý thuyết

#### 1.1. Strain Gauge và Loadcell

##### • Strain gauge

- Cảm biến đo độ biến dạng do lực gây ra, bao gồm một sợi dây kim loại mảnh đặt trên một tấm cách điện đàn hồi.
- Strain gauge điển hình sắp xếp một dải dẫn điện mỏng, dài theo mô hình zig-zag của các đường thẳng song song. Điều này không làm tăng độ nhạy, vì phần trăm thay đổi sức đề kháng đối với một biến dạng nhất định đối với toàn bộ đường zig-zag giống như đối với bất kỳ vết đơn lẻ nào. Một đường thẳng đơn lẻ sẽ phải cực kỳ mỏng, do đó có khả năng bị quá nhiệt (điều này sẽ làm thay đổi điện trở của nó và khiến nó giãn nở), hoặc sẽ cần được vận hành ở điện áp thấp hơn nhiều, gây khó khăn cho việc đo lường các thay đổi điện trở một cách chính xác.
- Gọi G là hệ số căng (khi có tác động lực điện trở sẽ nén/giãn)

$$G = K = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l}$$

ứng suất  $\sigma$  được định nghĩa là lực tác động trên một đơn vị diện tích ( $\text{N/m}^2$ ):

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

+ F là lực tác động (N), A là tiết diện ( $\text{m}^2$ )

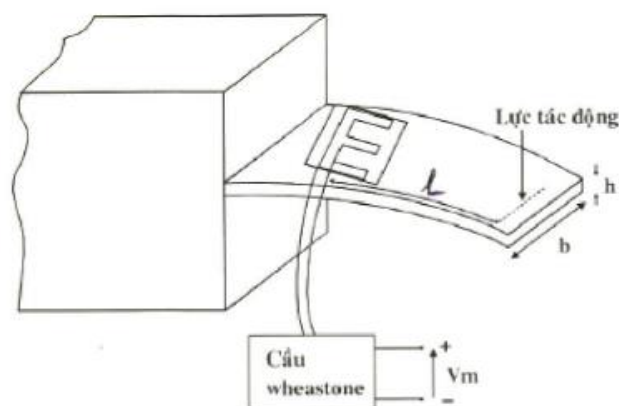
- Trong các vật liệu đàn hồi, tỷ số ứng suất trên sức căng gọi là module đàn hồi:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F/A}{\Delta l/l} = \frac{Fl}{\Delta l A}$$

+ E: module đàn hồi ( $\text{N/m}^2$ )

+  $\sigma$ : ứng suất ( $\text{N/m}^2$ )

+  $\varepsilon$ : sức căng phụ thuộc vật liệu



Hình 1: Minh họa của điện trở sức căng đo lực tác dụng lên dầm

$$\sigma = \frac{6FL}{bh^2}$$

- Thay các biểu thức trên:

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{6GL}{bh^2E} F$$

- Trong thực tế các điện trở sức căng đo lực được kết nối thành mạch cầu wheastone đó có bù nhiệt, bù phi tuyến và có độ nhạy cao. Các cảm biến này gọi là loadcell thường sử dụng đo lực hoặc trọng lượng.

### • Loadcell

- Loadcell là một module cảm biến để đo lực theo một chiều nhất định và có thể bỏ qua những lực khác tác động lên nó.

- Bản chất bên trong của Loadcell vẫn là strain gauges được gắn ở những vị trí chính xác, hình dạng bên ngoài là một thanh kim loại chịu tải có tính đàn hồi.

Nguyên lý hoạt động:

Vì bản chất bên trong của nó vẫn là strain gauges nên hoạt động dựa trên nguyên lý cầu điện trở cân bằng cầu Wheatstone. Giá trị lực tác dụng tỉ lệ với sự thay đổi điện trở cảm ứng trong cầu điện trở, và do đó trả về tín hiệu điện áp tỉ lệ.

Tuy nhiên tín hiệu điện áp ở ngõ ra của Loadcell rất nhỏ nên cần được khuếch đại để có thể đọc chuẩn xác.

## 1.2 Cân tiểu ly

### • Khái niệm

- Có thể thấy ứng dụng tiêu biểu nhất của Loadcell đó là dùng làm cân điện tử. Cân tiểu ly là loại cân được thiết kế nhỏ gọn để cân những loại vật phẩm có trọng lượng nhỏ hoặc quá nhỏ một cách chính xác.

### • Cấu tạo và chức năng:

- Cân tiểu ly có cấu tạo như một cân điện tử

- Cân tiểu ly có thể hiểu đơn giản gồm 5 bộ phận sau:

+ Đĩa cân: thường được làm từ inox không rỉ, nhựa... và dùng để đặt vật cần cân lên.

+ Cảm biến lực (loadcell): sẽ bị uốn cong do trọng lượng vật. Khi thanh kim loại bị uốn, điện trở sẽ bị kéo dãn ra và thay đổi dẫn đến tín hiệu điện ngõ ra của loadcell thay đổi.

+ Mạch khuếch đại là tín hiệu điện từ loadcell quá nhỏ. Vì vậy, cần phải có mạch khuếch đại tín hiệu lớn hơn bộ phận xử lý tín hiệu tốt hơn. Việc này giúp giảm thiểu sai số trong khi đo đạc.

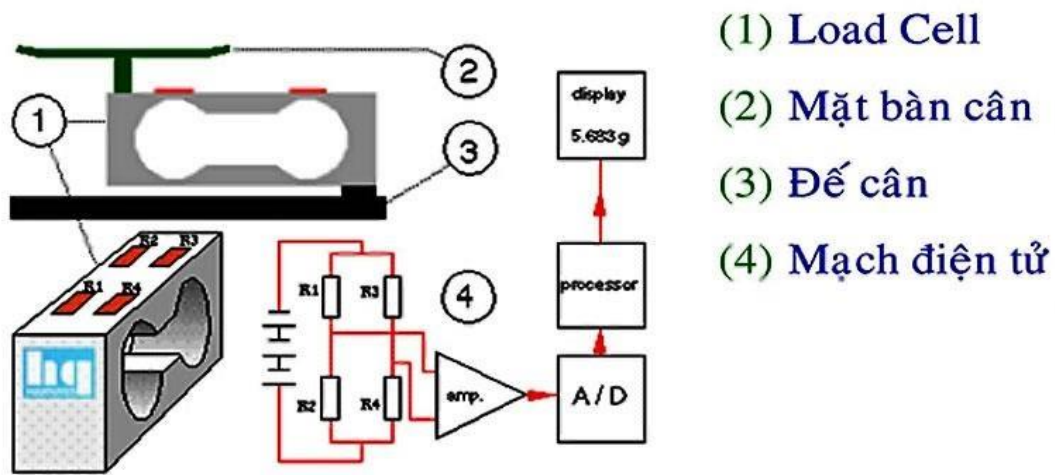
+ Mạch chuyển đổi tín hiệu(ADC) và bộ xử lý. Nhằm xử lý các tín hiệu số, có chức năng chuyển tín hiệu từ loadcell truyền. Về sau được khuếch đại tín hiệu từ

tín hiệu điện, analog sang tín hiệu số, digital hay còn gọi là mạch A/D. Bộ xử lý có nhiệm vụ xử lý tín hiệu lưu giá trị khối lượng để xuất ra màn hình và thực hiện một số chức năng khác.

+ Bộ chỉ thị và phím tương tác là màn hình hiển thị các giá trị cân đo và phím chức năng. Chúng dùng để thực hiện những yêu cầu của người dùng.

+ Ngoài ra giao diện bên ngoài còn có nút nhấn hoặc chọn chế độ để người dùng có thể giao tiếp với cân.

## Thành phần cấu tạo cân điện tử



Hình 2: Thành phần cấu tạo cân điện tử

## 2. Các linh kiện sử dụng

### • Loadcell YZC 133A:



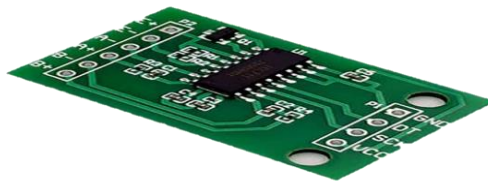
Hình 3: Loadcell YZC 131A

- Là cảm biến dựa vào nguyên lý thay đổi điện trở khi có lực tác dụng của strain gauge làm thay đổi tín hiệu ngõ ra. Mô hình bên ngoài là một khối kim loại nhôm có cấu trúc toàn cầu, bốn dây dẫn.

YZC-131A Series Product Specifications	
<b>Mechanical</b>	
Housing Material	Aluminum Alloy
Load Cell Type	Strain Gauge
Capacity	1/2/3/5 kg
Dimensions	Lx12.7x12.7 mm
Mounting Holes	M5 (Screw Size)
Cable Length	210 mm
Cable Size	30 AWG (0.2mm)
Cable - no. of leads	4
<b>Electrical</b>	
Precision	0.05%
Rated Output	1.0±0.15 mV/V
Non-Linearity	0.05% FS
Hysteresis	0.03% FS
Non-Repeatability	0.03% FS
Creep (per 5 minutes)	0.1% FS
Temperature Effect on Zero (per 10°C)	0.02% FS
Temperature Effect on Span (per 10°C)	0.05% FS Zero
Balance	±1.5% FS
Input Impedance	1000±50 Ohm
Output Impedance	1000±50 Ohm
Insulation Resistance (Under 50VDC)	≥2000 MOhm
Excitation Voltage	5 VDC
Compensated Temperature Range	-10 to ~+40°C
Operating Temperature Range	-21 to ~+40°C
Safe Overload	120% Capacity
Ultimate Overload	150% Capacity

Hình 4: Bảng thông số của Loadcell YZC-131A

#### • Module HX711:



Hình 5: Module HX711.

- Có hai kênh tín hiệu ngõ vào khác nhau: channel A, channel B. Nếu nguồn cung cấp là 5V thì full-scale cho channel A là  $\pm 20\text{mV}$  và của channel B là  $\pm 80\text{mV}$ .
- Có bộ khuếch đại tín hiệu PGA nhiều thấp onchip với độ lợi:
  - + Channel A:  $A_v = 64, 128$
  - + Channel B:  $A_v = 32$
- Nguồn điện áp hoạt động: 5-10V.
- Có cả xung clock nội và xung clock ngoài, xung clock ngoài này có thể là xung clock được gửi từ vi xử lý.
- Nguyên lý hoạt động:
  - + Hai chân DOUT (data out) và PD\_SCK (Power down and serial clock input) sẽ là hai chân được dùng để giao tiếp với MCU.
  - + Hoạt động theo nguyên tắc dịch chuyển từng bit ra chân DOUT (bit MSB đầu tiên) khi phát hiện cạnh lên của xung Clock, độ lợi của từng kênh phụ thuộc vào số xung mà MCU gửi đến trong một lần truy xuất 1 bit. (Hình 2.2.1)

PD_SCK Pulses	Input channel	Gain
25	A	128
26	B	32
27	A	64

Hình 6: Bảng kênh đầu vào và chọn độ lợi.

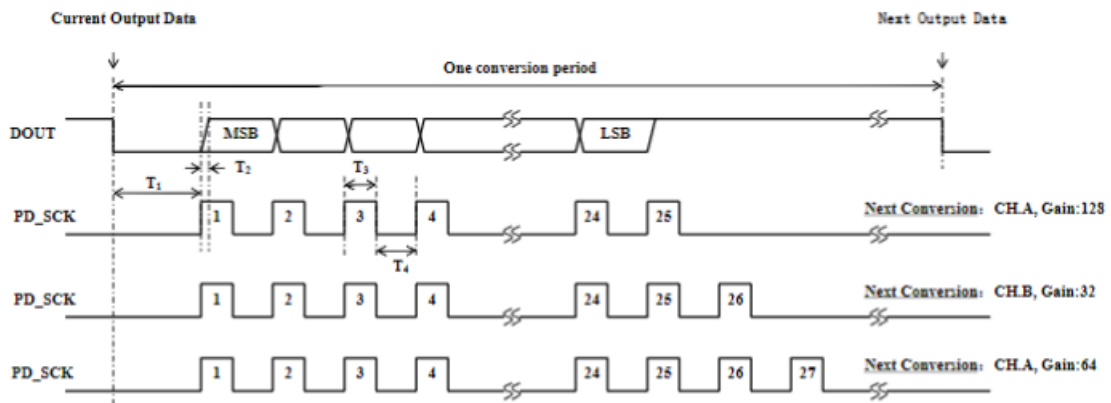


Fig.2 Data output, input and gain selection timing and control

Hình 7: Biểu đồ timing và điều khiển ngõ vào, ngõ ra và chọn độ lợi.

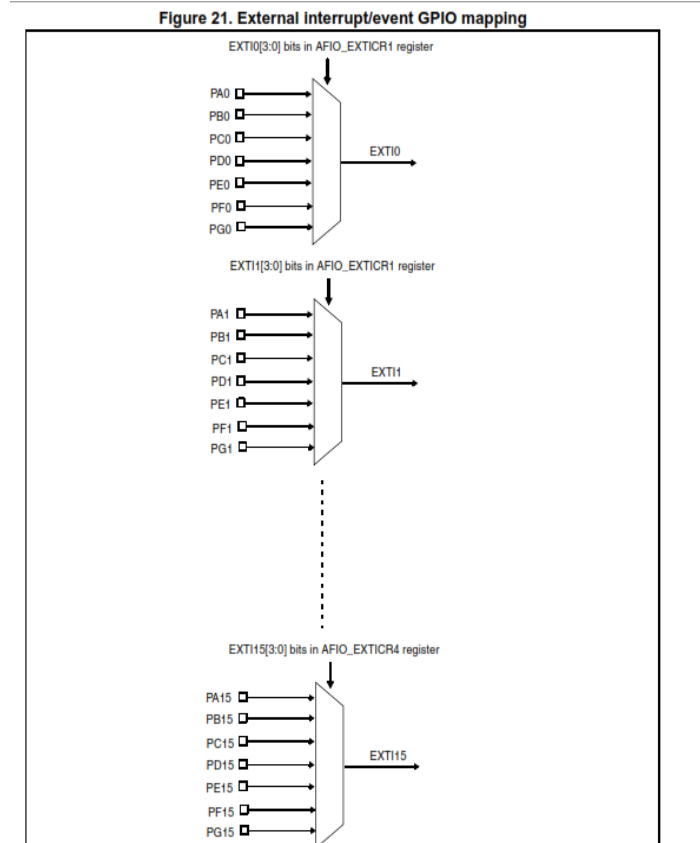
• **Vi điều khiển STM32F103:**

- STM32F103C8T6 là vi điều khiển 32bit, thuộc họ F1 của dòng chip STM32 hãng ST\
- Nguồn cung cấp 2-3,6V cho thiết bị và các I/O.



Hình 8: Kit Bluepill STM32F103C8

- Tần số dao động 4-16MHZ.
- Ra chân đầy đủ tất cả các GPIO và giao tiếp: CAN, I2C, SPI, UART / USART, USB.
- STM32F103C8 gồm có 16 Line ngắt riêng biệt, mỗi Line chỉ cho phép một chân Port làm chân ngắt. (Hình 2.3.1)



Hình 9: Sơ đồ ngắt của STM32F103C8

### • LCD 16X2:

- Điện áp hoạt động là 5V.
- Kích thước: 80 x 36 x 12.
- Chữ trắng, nền xanh dương
- Có các chân để giao tiếp:
- Chân RS: Lựa chọn thanh ghi
- RS=0 (mức thấp) chọn thanh ghi lệnh.
- RS=1 (mức cao) chọn thanh ghi dữ liệu.
- Chân R/W: Chọn thanh ghi đọc/viết dữ liệu
- R/W=0 thanh ghi viết.



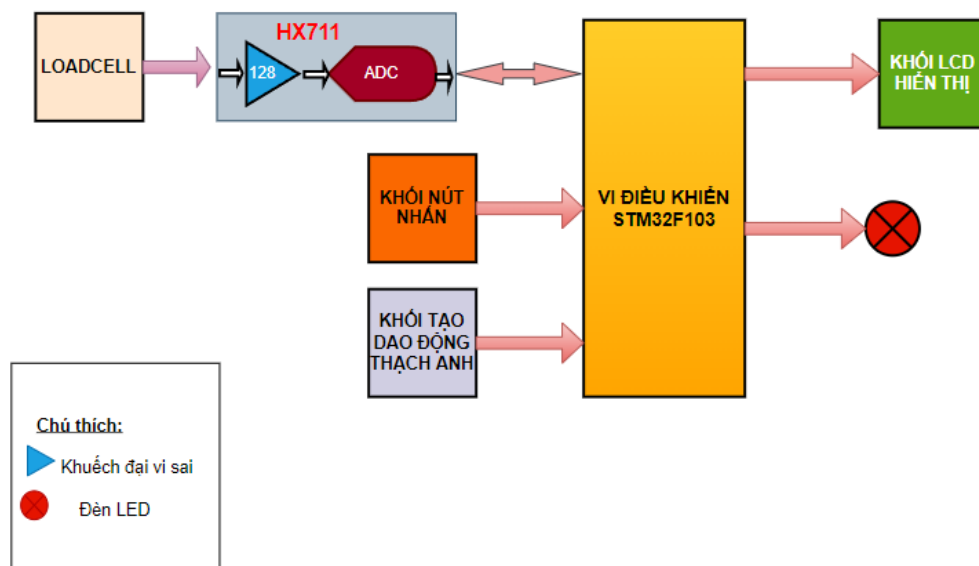
Hình 10: LCD 16x2



## II. THIẾT KẾ

### 1. PHẦN CỨNG

#### 1.1 Block Diagram



Hình 11: Sơ đồ khối phần cứng

#### Chức năng các khối:

- Khối Loadcell: đo lường khối lượng của vật đặt lên cân
- Khối nút nhấn: điều chỉnh khối lượng cần so sánh.
- Khối tạo dao động thạch anh cấp xung clock cho VDK và module.
- Khối khuếch đại tín hiệu ngõ ra Loadcell và module ADC chuyển đổi tín hiệu analog sang digital.
- Vi điều khiển Stm32F103 xử lý các tác vụ của hệ thống như: nhận tín hiệu nút nhấn, xử lý tín hiệu ngõ vào từ ADC và xuất ra LCD và LED.
- Khối LCD & LED hiển thị giá trị khối lượng và sáng đèn cảnh báo nếu vượt quá giá trị cài đặt.

## 1.2 Tính toán và thiết kế

### Tính toán Loadcell:

- Nhóm sử dụng Loadcell YZC-131A với thông số như sau:

YZC-131A Series Product Specifications	
<b>Mechanical</b>	
Housing Material	Aluminum Alloy
Load Cell Type	Strain Gauge
Capacity	1/2/3/5 kg
Dimensions	Lx12.7x12.7 mm
Mounting Holes	M5 (Screw Size)
Cable Length	210 mm
Cable Size	30 AWG (0.2mm)
Cable - no. of leads	4
<b>Electrical</b>	
Precision	0.05%
Rated Output	1.0±0.15 mV/V
Non-Linearity	0.05% FS
Hysteresis	0.03% FS
Non-Repeatability	0.03% FS
Creep (per 5 minutes)	0.1% FS
Temperature Effect on Zero (per 10°C)	0.02% FS
Temperature Effect on Span (per 10°C)	0.05% FS Zero
Balance	±1.5% FS
Input Impedance	1000±50 Ohm
Output Impedance	1000±50 Ohm
Insulation Resistance (Under 50VDC)	≥2000 MOhm
Excitation Voltage	5 VDC
Compensated Temperature Range	-10 to ~+40°C
Operating Temperature Range	-21 to ~+40°C
Safe Overload	120% Capacity
Ultimate Overload	150% Capacity

Hình 12: Bảng thông số Loadcell YZC-131A

- Ta cấp nguồn 5V cho Loadcell  $\Rightarrow V_{out\ max} = (1 \pm 0.15) \cdot 5 = (5 \pm 0.75) \text{ mV}$
- YZC-131A có độ phi tuyến khoảng 0.05% FS  $\Rightarrow$  Gần như là tuyến tính.
- Với 1kg  $\Rightarrow V_{out} = 5 \text{ mV}$ .
- $\Rightarrow$  Với độ phân giải 2mg  $\Rightarrow V_{out} = 10 \text{ nV}$ .
- Ta có với độ phân giải là 2mg, tầm đo max là 1kg  $\Rightarrow$  độ phân giải =  $2 \text{ mg}/1 \text{ kg} = 1/500000$  (tầm đo max).
- $\Rightarrow$  Số bit ADC ít nhất cần dùng là  $\log_2(500000) \approx 19 \text{ bit}$ .
- Với ADC từ 19bit thì hầu như các loại vi điều khiển hiện nay không có.
- $\Rightarrow$  Sử dụng bộ ADC ngoài.
- Ta có thể chọn các bộ ADC 20-bit như AD4020, AD7703 ... Tuy nhiên, những bộ ADC trên khá đắt và thường không phổ biến ở Việt Nam  $\Rightarrow$  Nhóm chọn ADC 24-bit HX711.
- Với ADC 24-bit HX711:
  - + Cấp nguồn 5V cho HX711
  - + Dựa theo datasheet, ta có sơ đồ mạch của HX711 khi kết nối với Loadcell như sau:

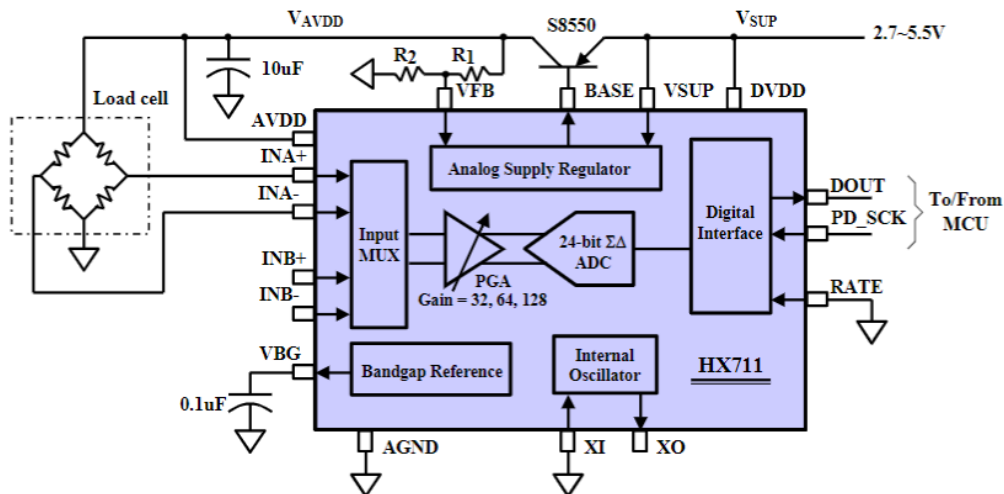


Fig. 1 Typical weigh scale application block diagram

Hình 13: Sơ đồ mạch kết nối HX711 với Loadcell

+ Chọn độ khuếch đại  $G = 128$ :

+ Với  $1\text{kg} \Rightarrow V_{\text{out}} = 0.64\text{V}$ .

+ Với  $2\text{mg} \Rightarrow V_{\text{out}} = 1.28\text{uV}$ .

$\Rightarrow$  Độ nhạy:  $1.28\text{uV} / 2\text{mg}$ .

+ Độ phân giải của HX711:  $Q_{\text{HX711}} = 5 / (2^{24}) \approx 0.3\text{uV} < 1.28\text{uV} \Rightarrow$  Hợp lý

- Chọn vi điều khiển, các ngoại vi:

- Các ngoại vi sử dụng: HX711, LCD, nút nhấn và LED và chỉ cần giao tiếp GPIO.  $\Rightarrow$  **Nhóm chọn PIC16F877A để mô phỏng trong proteus và STM32F103C8 để làm mạch thực tế. Vì nhóm chưa thể mô phỏng được vi điều khiển STM32F103C8 trong proteus.**

- Chọn LCD 16x2 giao tiếp 4 bit, 3 nút nhấn và 1 led đỏ.

Tính toán sai số HX711:

- HX711 có thông số Full scale differential input range cũng khá lớn, nên dẫn đến sai số không nhỏ.

- Theo datasheet ta có:

+ Thông số Full scale differential input range =  $0.5 \cdot \text{AVDD} / \text{GAIN} \approx 19.53\text{ mV}$

$\Rightarrow$  Với  $5\text{V} \Rightarrow$  Sai số  $19.53\text{ mV}$

$\Rightarrow$  Với  $V_{\text{out max}} = 0.64\text{V} \Rightarrow$  Sai số  $2.5\text{ mV}$

$\Rightarrow$  Giá trị ADC sai số là 8333

$\Rightarrow$  Khối lượng sai số là  $3.9\text{ g}$

- Vậy với  $1\text{kg} \Rightarrow$  Sai số có thể lên đến gần  $4\text{g} \Rightarrow$  Sử dụng hệ số kp để bù lại sai số này

### Tính toán hệ số kp:

- Đây là hệ số để đổi từ giá trị ADC sang khối lượng của vật. Hệ số này sẽ được dùng trong code để chỉnh khối lượng vật cho đúng.

- Với  $V_{out,max} = 0.64V$  và  $Q_{HX711} = 0.3\mu V$   $\Rightarrow$  Giá trị ADC max của tín hiệu  $V_{out}$  là  $0.64/(0.3*10^{-6}) \approx 2133333$

$\Rightarrow$  1kg tương ứng giá trị ADC = 2133333

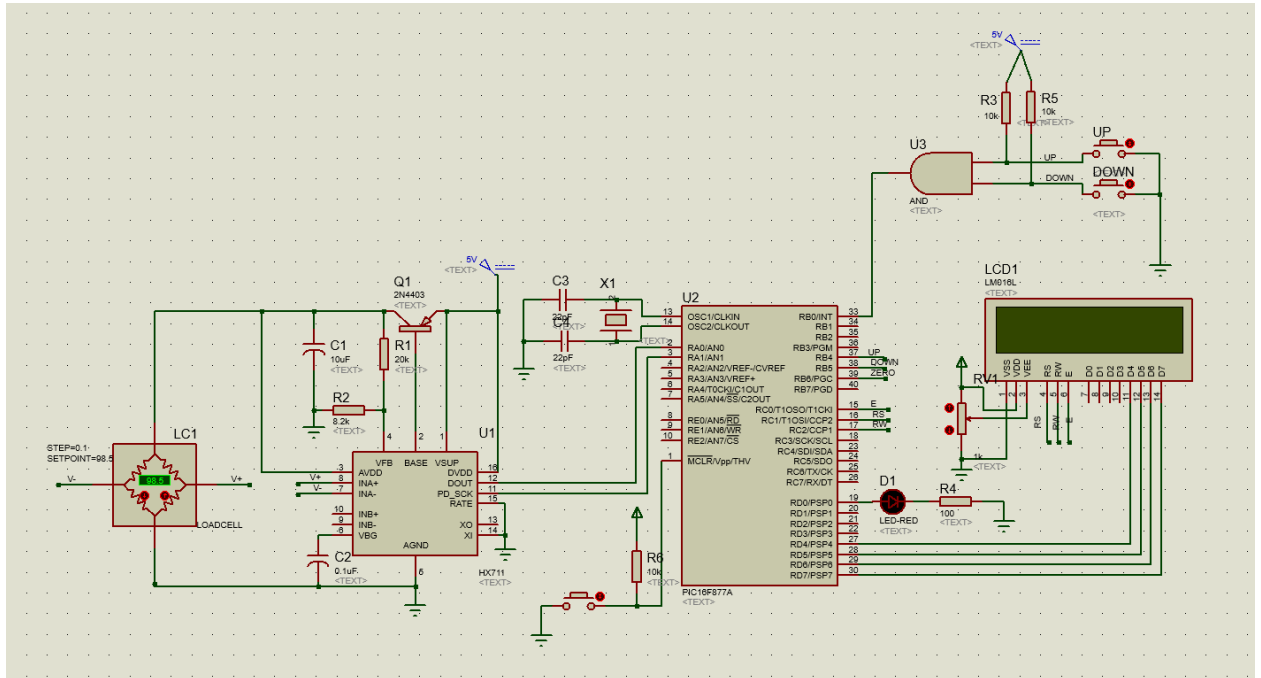
$\Rightarrow$  1g tương ứng giá trị ADC = 2133.333  $\Rightarrow$   $k_p \approx 2133.333$

- Kiểm tra lại thực tế bằng cách đặt vật khối lượng m (g) lên trên cân và thu được giá trị ADC = n  $\Rightarrow$  Lấy n/m, ta được giá trị  $2140 \approx 2133.333 \Rightarrow$  Tính toán đúng

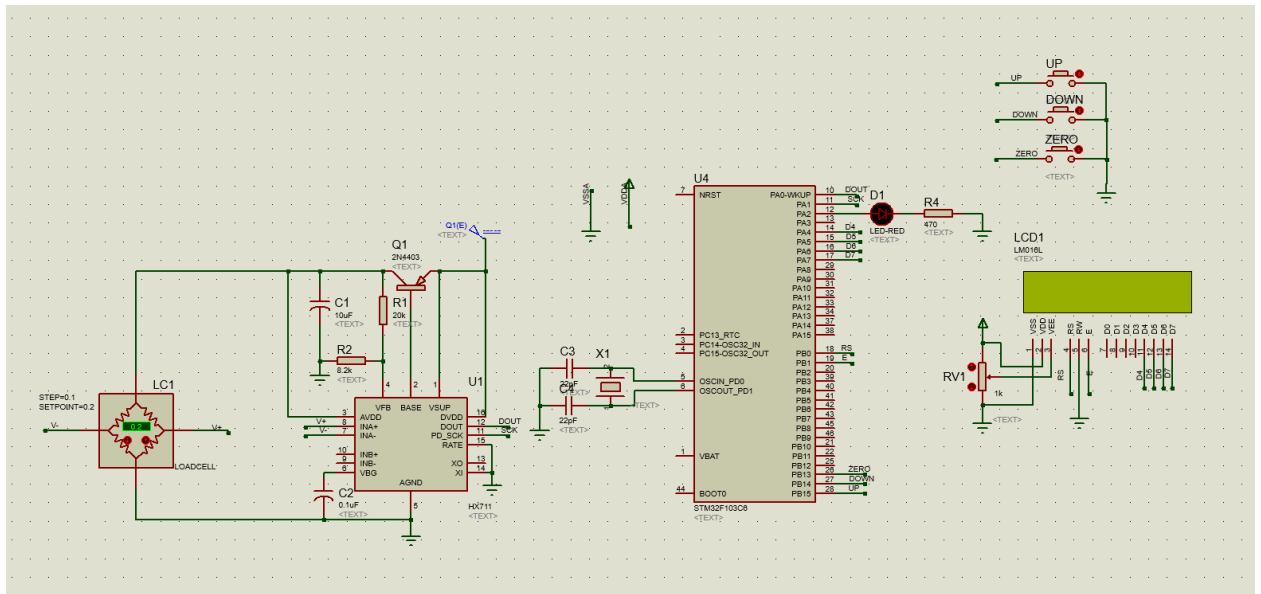
$\Rightarrow$  Nhóm chọn  $k_p = 2140$

- Nhóm đã tiến hành đo thông số của vật nặng khoảng 1kg. Vì đây là tầm đo max của cân. Sau đó lấy thông số này chia 1000 ( $1kg = 1000g$ ) thì ta sẽ được hệ số kp. Lấy giá trị ADC đo được của một vật bất kì chia cho hệ số kp sẽ ra được khối lượng của vật. Như vậy, nhờ vào hệ số kp tính được bằng cách đo giá trị ADC của vật có khối lượng bằng với tầm đo max của cân. Ta đã giảm được sai số đáng kể. Vì sai số lớn nhất khi khối lượng đặt vào lớn nhất.

### 1.3 Sơ đồ mạch chi tiết



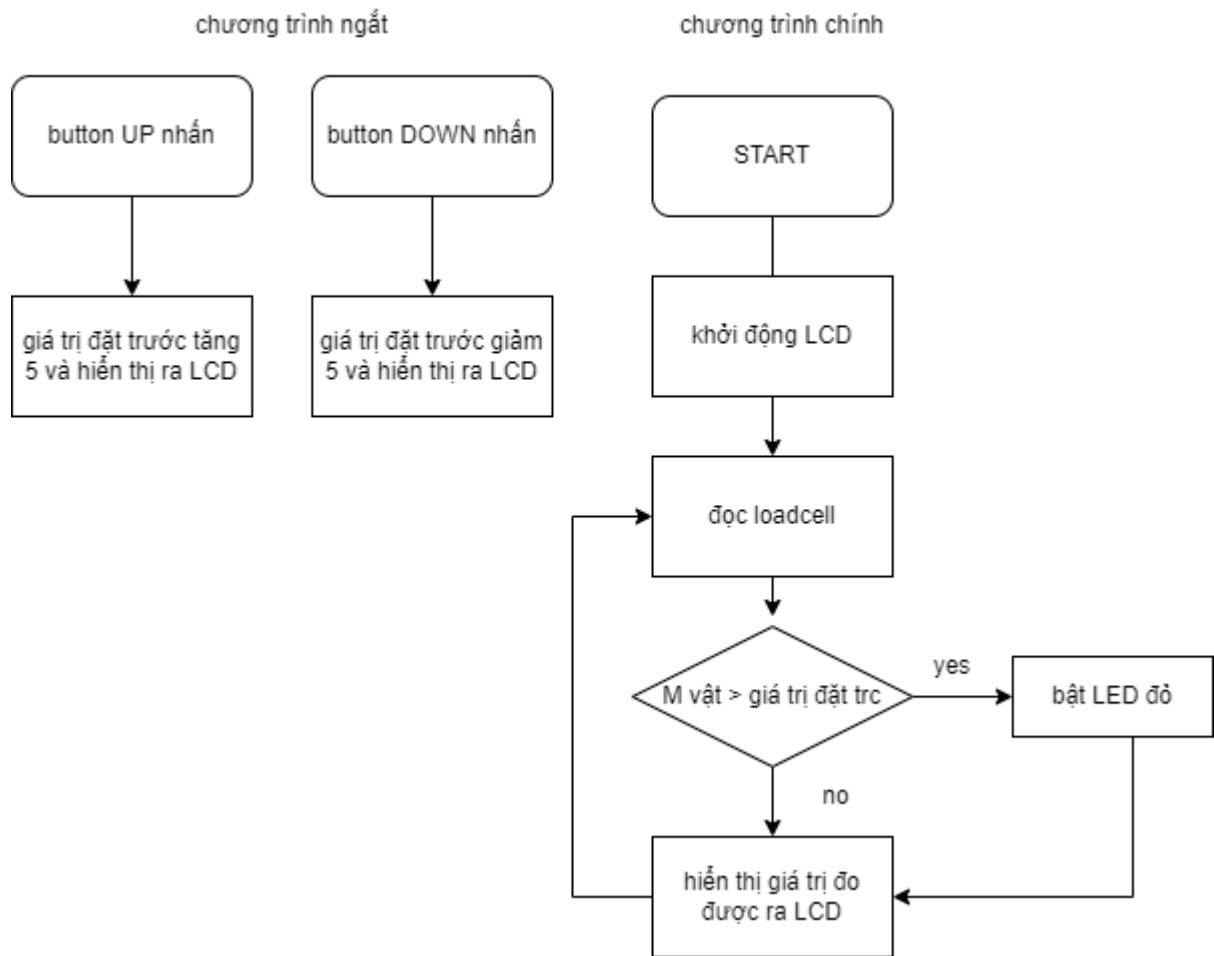
Hình 14: Sơ đồ mạch mô phỏng chi tiết (sử dụng vđk PIC16F877A)



Hình 15: Sơ đồ mạch mô phỏng chi tiết (sử dụng vđk STM32F103C8)

## 2. PHẦN MỀM

### 2.1 Lưu đồ giải thuật



Hình 16: Lưu đồ giải thuật

## 2.2 Code chương trình: Viết trên CCS PIC (Chương trình bên STM32 cũng giống như vậy)

```
#include <16F877A.h>
#use delay(clock = 4 MHz)
#define DT1 pin_a0
#define SCK pin_a1
#define use_portb_lcd TRUE
    #define LCD_ENABLE_PIN PIN_C0
    #define LCD_RS_PIN PIN_C1
    #define LCD_RW_PIN PIN_C2
    #define LCD_DATA4 PIN_D4
    #define LCD_DATA5 PIN_D5
    #define LCD_DATA6 PIN_D6
    #define LCD_DATA7 PIN_D7
#include <lcd.c>
double read1 = 0, offset = 0;
double gram = 0;

int16 max_value;

double kp = 1802.964;
unsigned int32 readCount(void) {
    unsigned int32 data;
    unsigned int8 j;
    output_bit(DT1, 1);
    output_bit(SCK, 0);
    data = 0;

    while (input(DT1));
    for (j = 0; j < 24; j++) {
        output_bit(SCK, 1);
        data = data << 1;
        output_bit(SCK, 0);
        if (input(DT1)) {
            data++;
        }
    }
}
```

```

output_bit(SCK, 1);
data = data ^ 0x800000;
output_bit(SCK, 0);
return data;
}

double readAverage(void) {
    double sum = 0;
    int i;
    for ( i = 0; i < 20; i++) {
        sum = sum + readCount();
    }
    sum = sum /20;
    return sum;
}

#ifndef int_ext
void ext_isr(){
    while(1){
        if(input(PIN_B4)==0)max_value+=5;
        else if(input(PIN_B5)==0){
            max_value-=5;

        }
        if(input(PIN_B0)==1) break;
        delay_ms(1000);
        lcd_gotoxy(1,2);
        printf(lcd_putc, "max: %4ld",max_value);
    }
}

void main() {
    enable_interrupts(global);
    enable_interrupts(int_ext);
    ext_int_edge(H_TO_L);
    lcd_init(); // LCD'yi hazýrla
    printf(lcd_putc, "Ready...");
    delay_ms(5000);
    printf(lcd_putc, "\f");
}

```



```

offset = 8388608;
while (TRUE) {
    read1 = readAverage();
    if (offset >= read1) {
        double val1 = (offset - read1);
        gram = val1;
    }
    else {
        double val2 = (read1 - offset);
        gram = val2;
    }
    lcd_gotoxy(1,1);
    printf(lcd_putc, "m: %4.4f g", gram/kp);
    lcd_gotoxy(1,2);
    printf(lcd_putc, "max: %4ld",max_value);
    float weight = gram/kp;
    if(weight-max_value>0) output_high(PIN_D0);
    else output_low(PIN_D0);
}
}

```

Giải thích chương trình con đọc giá trị ADC từ HX711: unsigned int32 readCount(void);

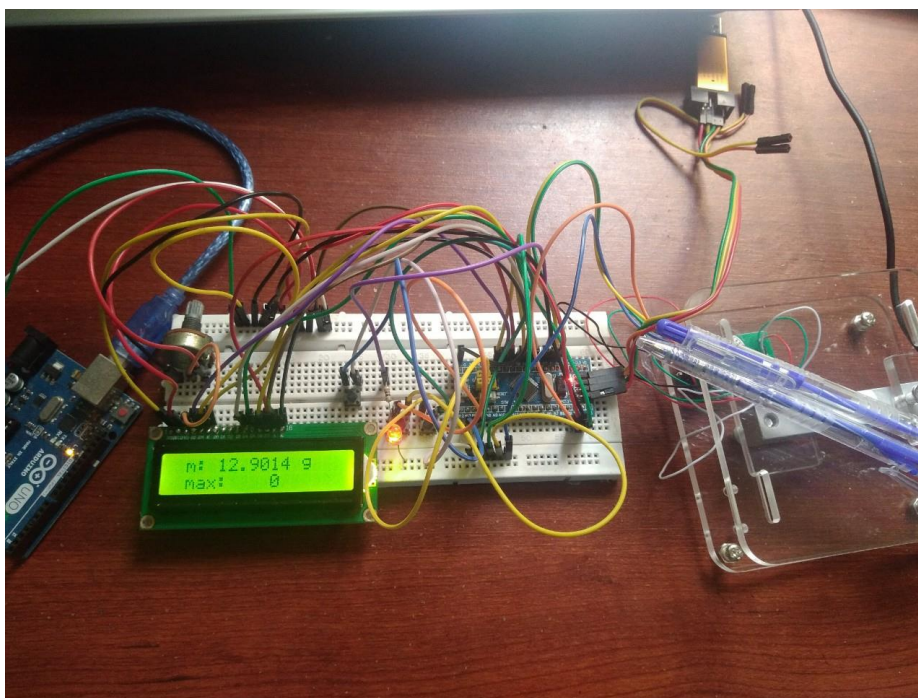
- Khi dữ liệu ngõ ra chưa sẵn sàng để truy xuất thì chân DOUT sẽ ở mức cao (1) khi đó chân PD\_SCK sẽ tích cực thấp (0). Khi dữ liệu tích cực thấp tức là đã sẵn sàng truy xuất dữ liệu, khi đó tùy vào số lượng xung (25-27 xung) mà sẽ tương ứng với độ lợi mỗi kênh sẽ tương ứng (hình 2.1.3). Ở đây ta chỉ xét đến 25 xung cho một dữ liệu, tương ứng với độ lợi 128 và chọn kênh A. Mỗi lần có xung clock cạnh lên thì DOUT bắt đầu truy xuất từng bit (bit MSB đầu tiên), cho đến khi hết 24bit. Ở xung cuối cùng (xung thứ 25), giá trị đọc được sẽ được XOR với 0x800000. Bởi vì do độ trôi dạt 0 (zero drift) nên khi khối lượng ở giá trị 0 thì áp tạo ra giữa 2 chân đầu vào sẽ nhỏ hơn 0. Khi khối lượng tăng thì áp tạo ra lúc này mới tăng lên, đi qua điểm 0. Lúc này, nếu đọc dữ liệu trực tiếp, thì sai số sẽ diễn ra. Vì số đọc là số bù 2 nhỏ hơn 0. Nó không thể được sử dụng trực tiếp và cần được chuyển đổi sang mã gốc. Khi XOR với 0x800000, MSB có thể được xem là bit hợp lệ, chứ không phải bit dấu nữa. Sau khi kết thúc xung thứ 25, sẽ hoàn tất quá trình đọc và thu được dữ liệu.

### **PHẦN III: SẢN PHẨM THỰC TẾ**

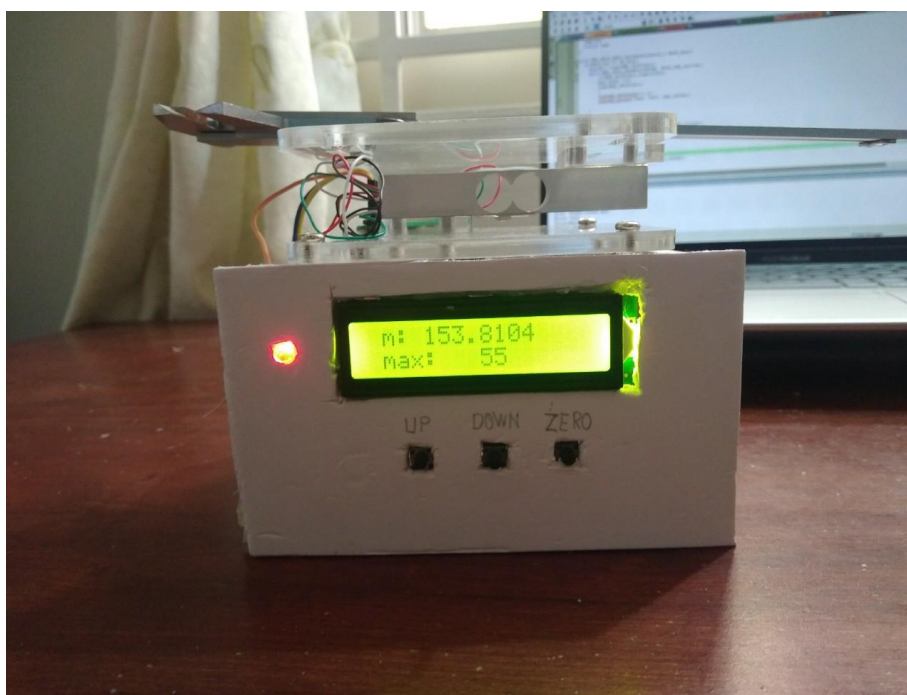
#### **Link video sản phẩm:**

[https://drive.google.com/file/d/1iEhDTJ08PTPSHA\\_bE4boK7S-m8LxpTM4/view?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/1iEhDTJ08PTPSHA_bE4boK7S-m8LxpTM4/view?usp=sharing)

#### **Hình ảnh**



Hình 17: Test mạch



Hình 18: Bên ngoài cân tiểu ly



Hình 19: Bên trong cân tiểu ly

**Giá thành:**

Tên linh kiện	Giá thành
STM32F103C8 (có thể thay vi điều khiển khác để giá thấp hơn)	180k
Loadcell YZC131-A 1kg	70k
HX711	15k
Mica	90k
LCD 16x2	40k
Bìa formex	10k
Điện trở 470 ôm, 3 nút nhấn	5k
Dây cắm, Test board	20k
Tổng cộng	430k

**Đánh giá sản phẩm:**

- Thử nghiệm: So sánh giá trị cân được với một cân điện tử khác trên thị trường.
- + Vì chưa có một cái cân điện tử chính xác với độ phân giải mg nên chưa thể thử nghiệm được để so sánh xem độ sai số là bao nhiêu.
- + Chỉ so sánh được kết quả cân với một cân điện tử khác có độ phân giải 1g. Kết quả đo được của 2 cân thì xấp xỉ giống nhau.
- Ưu điểm:

- + Sản phẩm cơ bản đáp ứng được nhu cầu đo lường.
  - + Sản phẩm đáp ứng được các chức năng như so sánh khối lượng với ngưỡng cài đặt, tăng giảm ngưỡng cài đặt.
  - Hạn chế:
    - + Chưa thỏa được yêu cầu đề tài là sai số 5mg.
    - + Chỉ mới làm sản phẩm dưới dạng prototype nên kết cấu vẫn còn chưa chắc chắn, đẹp mắt.
- => Hướng khắc phục sai số dự tính (Hiện tại chưa thử kịp vì không kịp thời gian): Sử dụng thử bộ lọc Kalman để lọc nhiễu cho giá trị ADC đọc được.

#### **PHẦN IV: TÀI LIỆU THAM KHẢO**

[http://elearning.hcmut.edu.vn/pluginfile.php/1683546/mod\\_resource/content/0/CHUONG%201-CAM%20BIEN%20UNG%20DUNG-EDIT.pdf](http://elearning.hcmut.edu.vn/pluginfile.php/1683546/mod_resource/content/0/CHUONG%201-CAM%20BIEN%20UNG%20DUNG-EDIT.pdf)

<http://www.emergingtechs.org/p/load-cell-simulation-in-proteus-using.html>

<https://text.123docz.net/document/5214131-can-dien-tu-dung-loadcell.htm>

<https://www.programmerall.com/article/2724453568/>