

**ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI
TRƯỜNG ĐIỆN-ĐIỆN TỬ**



**ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
Thiết kế thiết bị đo sóng điện tử
Digital Oscilloscope**

NGUYỄN THÀNH VINH
vinh.nt181844@sis.hust.edu.vn

Chuyên ngành: Kỹ thuật điều khiển và Tự động hóa

Giảng viên hướng dẫn: PGS. TS. Bùi Đăng Thành

Chữ ký của GVHD

Khoa: Tự động hóa

HÀ NỘI, 8/2023

NHIỆM VỤ
ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP

Họ và tên sinh viên: Nguyễn Thành Vinh

Khóa: 63

Trường: Điện-Điện tử

Ngành: KT ĐK & TĐH

1. *Tên đề tài:*

Thiết kế thiết bị đo sóng điện tử Digital Oscilloscope

2. *Nội dung đề tài:*

Thiết kế một thiết bị đo sóng điện tử Digital Oscilloscope có các đặc điểm sau:

- Điện áp nguồn đầu vào (Power supply): 10V-12V DC.
- Kênh đo (Channel): 1 kênh đo.
- Tín hiệu đầu vào (Input signal): < 350V.
- Thang đo (Scale): 350V-50V-10V.
- Test-point: 3.3V – 1KHz.
- Tần số lớn nhất (Max bandwidth): 200KHz.
- Hiển thị: Màn hình LCD 128x64.
- Màn hình hiển thị đầy đủ thông tin Vol/Div, Time/Div, V-peak.
- Đo được khoảng cách thời gian, điện áp.
- Thu/phóng kích thước, dịch tín hiệu theo chiều dọc, chiều ngang.
- Run/Stop tín hiệu, triggering tín hiệu theo sườn xung lên, xuống.
- Kết nối với máy tính thông qua USB.

3. *Thời gian giao đề tài: Ngày 06 tháng 03 năm 2023*

4. *Thời gian hoàn thành: Ngày 10 tháng 08 năm 2023*

Ngày..... tháng năm 2023

CHỦ NHIỆM BỘ MÔN

(Ký và ghi rõ họ tên)

CÁN BỘ HƯỚNG DẪN

(Ký và ghi rõ họ tên)

SINH VIÊN THỰC HIỆN

(Ký và ghi rõ họ tên)



Nguyễn Thành Vinh

Lời cảm ơn

Em xin được gửi lời cảm ơn sâu sắc tới PSG.TS Bùi Đăng Thành đã giúp đỡ sát sao và hướng dẫn em hoàn thành được đề tài đồ án tốt nghiệp này.

Em cũng xin chân thành cảm ơn tới các thầy/cô giáo bộ môn, những người hướng dẫn đã giúp đỡ, hỗ trợ, giải đáp những thắc mắc, khó khăn mà em gặp phải trong quá trình thực hiện đề tài.

Em xin trân trọng cảm ơn !

Tóm tắt nội dung đồ án

Oscilloscope còn được gọi là máy hiện sóng, một công cụ quan trọng trong việc đo lường, hiển thị, phân tích các tín hiệu điện. Với khả năng hiển thị biểu đồ tín hiệu, Oscilloscope cho phép người sử dụng theo dõi và phân tích sự biến đổi của tín hiệu theo thời gian.

Trải qua các đề tài em đã thực hiện trong Đồ án 1, Đồ án 2, Đồ án 3 và các đề tài môn học khác, em lại càng hiểu được thêm về tầm quan trọng của Oscilloscope trong phân tích, sửa lỗi, debug, đánh giá,... Đó là những lý do làm cho em mong muốn được thực hiện đề tài tốt nghiệp này.

Thực hiện đề tài bao gồm những phần như sau:

- Xác định thông số chi tiết dự kiến của thiết bị đo.
- Lựa chọn linh kiện, thiết bị phù hợp.
- Thiết kế sơ đồ nguyên lý, xử lý tín hiệu.
- Thiết kế mạch phần cứng.
- Viết chương trình phần mềm, các chức năng cơ bản của thiết bị.
- Kiểm thử chức năng, phát hiện và sửa lỗi.

Trong đó, thông số chi tiết của thiết bị đo bao gồm dải đo điện áp của tín hiệu, tần số của tín hiệu, điện áp cung cấp cho mạch, độ phân giải, sai số,... Thiết kế sơ đồ nguyên lý, mạch phần cứng và phần mềm các chức năng mong muốn, sát với các chức năng của các thiết bị đã có trên thị trường nhưng với giá thành sản phẩm rẻ, hiệu quả cao. Bước cuối cùng là kiểm thử chức năng, sửa lỗi của phần cứng và phần mềm.

Kết quả đồ án đã đáp ứng được với yêu cầu thiết kế đặt ra ban đầu, thiết bị chạy ổn định, kết quả đo lường nằm trong phạm vi sai số cho phép, giá thành sản xuất sản phẩm rẻ. Qua đó, giúp cho em tiếp thu được những kiến thức mới, kỹ năng tìm hiểu và giải quyết vấn đề, tư duy thiết kế một hệ thống và về sản phẩm. Góp phần rất lớn trong học tập, phát triển và con đường sự nghiệp sau này.

Sinh viên thực hiện
(Ký và ghi rõ họ tên)



Nguyễn Thành Vinh

MỤC LỤC

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU CHUNG.....	1
1.1 Đặt vấn đề.....	1
1.2 Các loại Oscilloscope.....	2
1.2.1 Analog Oscilloscope	2
1.2.2 Digital Oscilloscope	3
1.2.3 So sánh giữa Analog Oscilloscope và Digital Oscilloscope	4
1.3 Lý do chọn đề tài	4
1.4 Mô tả thiết kế.....	5
CHƯƠNG 2. THIẾT KẾ MẠCH PHẦN CỨNG.....	6
2.1 Sơ đồ khối	6
2.1.1 Khối cấp nguồn	7
2.1.2 Khối xử lý tín hiệu	18
2.1.3 Khối menu tương tác người sử dụng.....	24
2.1.4 Khối màn hình hiển thị LCD	25
2.1.5 Khối USB giao tiếp với PC	28
2.1.6 Khối MCU	29
2.1.7 Toàn bộ thiết kế phần cứng	35
CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ PHẦN MỀM.....	45
3.1 Sơ đồ thuật toán tương tác với các khối	45
3.1.1 Sơ đồ thuật toán tương tác với khối xử lý tín hiệu	45
3.1.2 Sơ đồ thuật toán tương tác với khối LCD	46
3.1.3 Sơ đồ thuật toán tương tác với khối Menu	46
3.1.4 Sơ đồ thuật toán của cả hệ thống	47
CHƯƠNG 4. HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG THIẾT BỊ	49
4.1 Khởi động.....	49
4.2 Các thông tin hiển thị trên màn hình	50
4.3 Sử dụng Menu	51
4.4 Sử dụng USB	53
CHƯƠNG 5. KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC VÀ ĐÁNH GIÁ.....	54
5.1 Kết quả đạt được.....	54
5.2 Đánh giá	56

5.2.1	Độ chính xác của thiết bị.....	56
5.2.2	Giá thành sản phẩm.....	57
5.2.3	Đánh giá tổng kết	58
KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN ĐỀ TÀI		59
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....		60

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1: Mô tả một Oscilloscope	1
Hình 2: Analog Oscilloscope	2
Hình 3: Digital Oscilloscope.....	3
Hình 4: Hình ảnh mô tả thiết kế dự kiến của Digital Oscilloscope	5
Hình 5: Sơ đồ khối mạch phần cứng	6
Hình 6: Mô tả khái niệm nguồn	7
Hình 7: Sơ đồ chuyển đổi nguồn 9V, 5V, 3.3V.....	8
Hình 8: LM7809	8
Hình 9: LM7805	9
Hình 10: AMS1117-3.3	9
Hình 11: Mạch Buck-Boost và IC LM7909 tạo điện áp -9V	10
Hình 12: Sơ đồ nguyên lý mạch Buck-Boost	10
Hình 13: Hai chế độ làm việc của bộ biến đổi Buck-Boost	11
Hình 14: Chế độ dòng điện không liên tục	11
Hình 15: Xung PWM với chu kỳ Ts	12
Hình 16: Trạng thái ĐÓNG công tắc	12
Hình 17: Trạng thái MỞ công tắc	13
Hình 18: Tụ điện 100uF-50V	15
Hình 19: Cuộn cảm 3mH	16
Hình 20: Diode Schottky SS14	16
Hình 21: Mosfet AOD4185	16
Hình 22: Transistor C1815	17
Hình 23: LM7909	17
Hình 24: Mô tả khái niệm xử lý tín hiệu.....	18
Hình 25: Nguyên lý hạ điện áp của các khói <350V, <50V, <10V.....	18
Hình 26: Quy định chiều dòng điện và điện áp	19
Hình 27: Chi tiết các khói <350V, <50V, <10V trên mạch thiết kế.....	20
Hình 28: Nguyên lý khói OP-AMP	21
Hình 29: Tín hiệu qua O1	21
Hình 30: Tín hiệu qua O2	21
Hình 31: Tín hiệu qua O3	22
Hình 32: Tín hiệu qua khói OP-AMP	22
Hình 33: Công tắc 8 chân	22
Hình 34: Op-amp TL084	23
Hình 35: Test Slew rate trong điều kiện C=20pF, Gain = 1	23
Hình 36: Khối Menu tương tác với người dùng	24

Hình 37: Nút nhấn tương tác người dùng.....	25
Hình 38: Khối màn hình hiển thị LCD	26
Hình 39: Màn hình LCD 12864 ST7920	26
Hình 40: Sơ đồ chân LCD 12864.....	27
Hình 41: Khối USB kết nối PC	28
Hình 42: Sơ đồ chân CH340G	28
Hình 43: Vi điều khiển STM32F103C8T6.....	30
Hình 44: Sự tương tác giữa khối MCU và các khối.....	31
Hình 45: Xung PWM 10KHz, Duty = 50%.....	31
Hình 46: Hình ảnh minh họa tái tạo tín hiệu	32
Hình 47: Tần số xung clock của ADC	33
Hình 48: Công thức tính thời gian chuyển đổi	33
Hình 49: Khung dữ liệu của UART	35
Hình 50: Tất cả các khối.....	36
Hình 51: Khối nguồn	37
Hình 52: Khối xử lý tín hiệu	38
Hình 53: Khối Menu.....	39
Hình 54: Khối hiển thị LCD	40
Hình 55: Khối MCU và USB	41
Hình 56: Mặt trên 2D của mạch PCB.....	42
Hình 57: Mặt dưới 2D của mạch PCB	42
Hình 58: Mặt trên 3D của mạch PCB.....	43
Hình 59: Mặt dưới 3D của mạch PCB	43
Hình 60: Hình ảnh thực tế mặt trên.....	44
Hình 61: Hình ảnh thực tế mặt dưới.....	44
Hình 62: Sơ đồ thuật toán tương tác với khối xử lý tín hiệu	45
Hình 63: Sơ đồ thuật toán tương tác với khối LCD	46
Hình 64: Sơ đồ thuật toán tương tác với khối Menu.....	47
Hình 65: Sơ đồ thuật toán của toàn bộ hệ thống.....	48
Hình 66: Khởi động thiết bị	49
Hình 67: Test point 1KHz – 3.3V và các tụ điện tinh chỉnh	49
Hình 68: Thông tin hiển thị cơ bản	50
Hình 69: Thông tin trong Triggering Mode	51
Hình 70: Các nút nhấn Menu và Led trạng thái.....	51
Hình 71: Kết nối USB	53
Hình 72: Tín hiệu Sin 24VAC từ biến áp (220VAC-24VDC)	54
Hình 73: Tín hiệu xung vuông 50KHz-3.3V từ Test-Point.....	54

Hình 74: Tín hiệu xung vuông 1KHz-3.3V từ Test-Point.....	55
Hình 75: Tín hiệu được Trigger bằng xung sườn lên.....	56
Hình 76: FNIRSI DSO152 Oscilloscope.....	58

CHƯƠNG 1. GIỚI THIỆU CHUNG

1.1 Đặt vấn đề

Oscilloscope được biết đến là một thiết bị đo lường điện tử, được sử dụng rộng rãi ở trong nhiều lĩnh vực trong khoa học, công nghệ và kỹ thuật. Nó cho phép người sử dụng có thể quan sát và phân tích sóng điện thay đổi theo thời gian (Real-time). Nó còn đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo chất lượng và hiệu quả của các thiết bị điện tử. Với khả năng hiển thị chính xác và chi tiết của các tín hiệu, người sử dụng có thể nắm bắt được các tín hiệu phức tạp và tìm ra những nguyên nhân, đưa ra giải pháp cho những vấn đề. Từ đó, cho ta các thông tin về tần số, biên độ, xung và hình dạng của tín hiệu.



Hình 1: Mô tả một Oscilloscope

Một Oscilloscope có thể chứa 1 ống bắn tia âm cực (CRT) hoặc hiển thị số hóa, cung cấp giao diện về tín hiệu điện áp theo thời gian. Bằng việc ghi lại và hiển thị dạng sóng điện áp, Oscilloscope cho phép người sử dụng phân tích nhiều đặc tính của tín hiệu bao gồm biên độ, tần số, pha, suy hao,...

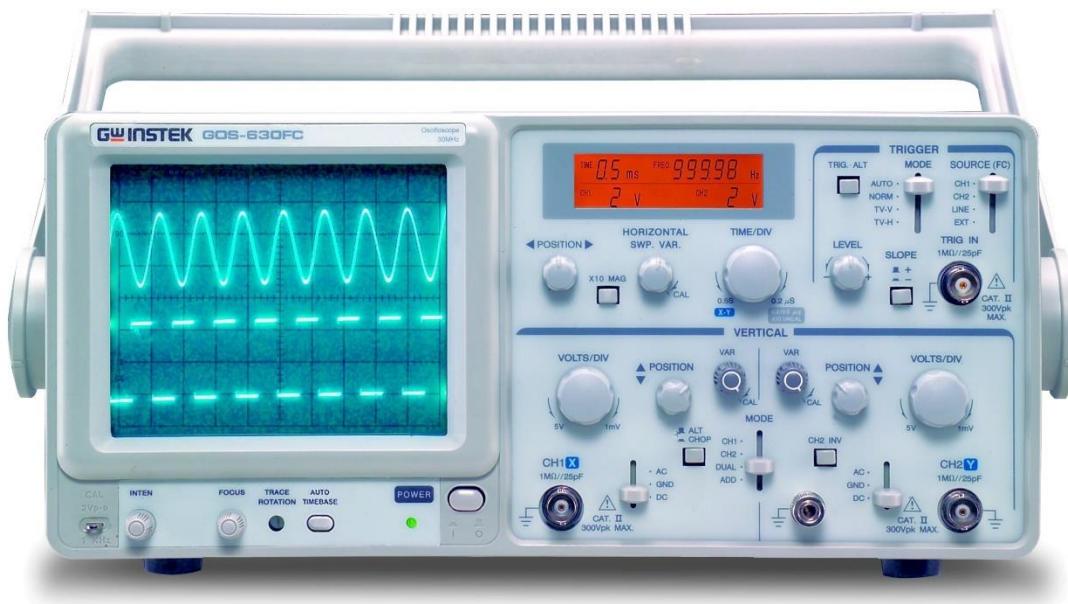
Oscilloscope đa dạng về các loại với những tính năng và đặc tính phù hợp với các ứng dụng khác nhau. Oscilloscope tương tự (Analog) truyền thống sử dụng công nghệ CRT, trong đó trùm tia điện tử bị lệch bởi tín hiệu đầu vào và tạo ra hình ảnh tín hiệu có thể nhìn thấy trên màn hình. Cùng với sự phát triển không ngừng của công nghệ số, Oscilloscope số dần trở nên phổ biến, bằng nguyên lý số hóa tín hiệu đầu vào và xử lý, tính toán bằng những kỹ thuật xử lý tín hiệu số mạnh mẽ, những bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự - số đã giúp nâng cao tính chính xác và khả năng đo lường.

Oscilloscope được trang bị chức năng điều khiển và cài đặt cho phép người dùng điều chỉnh thời gian (timebase), dải điện áp (voltage scale), triggering,... và các tham số khác để phân tích tín hiệu một cách chi tiết và chính xác hơn. Ngoài ra, có thêm một số những tính năng như tự động đo lường, lưu trữ tín hiệu vào bộ nhớ, kết nối với các thiết bị ngoại vi và máy tính

1.2 Các loại Oscilloscope

1.2.1 Analog Oscilloscope

Analog Oscilloscope có nguyên lý cơ bản đó là sử dụng một ống catôt (cathode-ray tube hay CRT) để hiển thị dạng sóng, hình dạng của tín hiệu được vẽ một cách trực tiếp lên màn hình hiển thị. Analog Oscilloscope hiển thị tín hiệu gồm hình dạng, biên độ, tần số của sóng một cách liên tục, theo thời gian.



Hình 2: Analog Oscilloscope

Màn hình CRT sử dụng phần màn huỳnh quang dùng để hiển thị các điểm ảnh, để các điểm ảnh phát sáng theo đúng màu sắc cần hiển thị cần các tia điện tử tác động vào chúng để tạo ra sự phát xạ ánh sáng. Ống phóng CRT sẽ tạo ra các tia điện tử đậm vào màn huỳnh quang để hiển thị các điểm ảnh theo mong muốn.

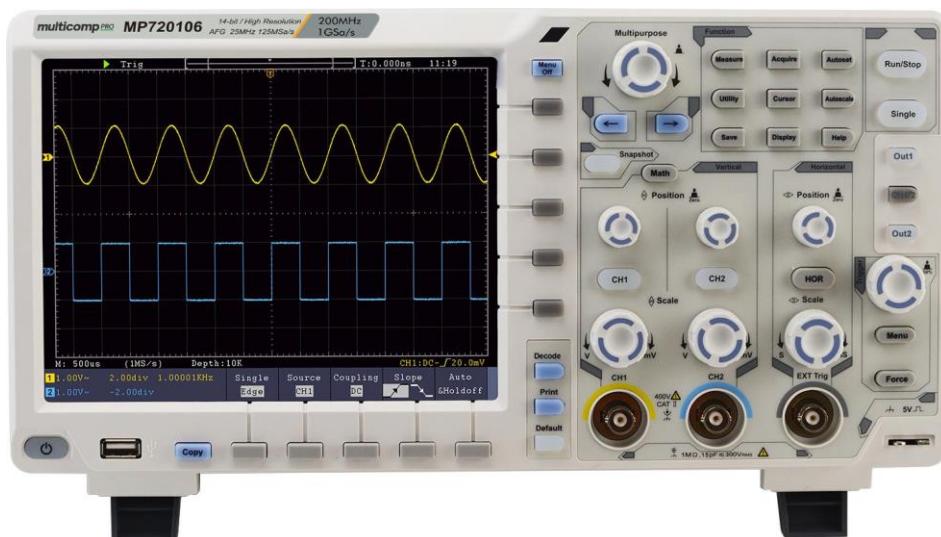
Về dải tần số, Analog Oscilloscope có dải tần thấp hơn khi so sánh với Digital Oscilloscope, nó thường được giới hạn khoảng vài chục Megahertz, do đó chúng phù hợp với những ứng dụng có tần số trung bình – thấp.

Analog Oscilloscope không có tốc độ lấy mẫu (sample rate), vì tín hiệu được hiển thị theo thời gian trực tiếp lên màn hình.

Về những chức năng khác, Analog Oscilloscope bao gồm chức năng phát hiện sườn xung (edge triggering) và mức của xung (level triggering).

1.2.2 Digital Oscilloscope

Digital Oscilloscope sử dụng một màn hình hiển thị số, điển hình màn hình LCD hoặc màn hình LED, nó hiển thị dạng sóng của tín hiệu bằng cách hiển thị từng điểm pixel đơn lẻ nối tiếp nhau. Tín hiệu được lấy mẫu và chuyển đổi từ dạng tín hiệu tương tự sang tín hiệu số để hiển thị.



Hình 3: Digital Oscilloscope

Digital Oscilloscope mô tả tín hiệu bằng cách rời rạc hóa tín hiệu tương tự đầu vào thành các điểm dữ liệu (hay các mẫu của tín hiệu). Sau đó các mẫu của tín hiệu được lưu trữ lại trong bộ nhớ và được sử dụng để tái tạo lại tín hiệu rồi sau đó hiển thị hình dạng của tín hiệu lên màn hình. Tín hiệu có thể được dừng lại tại bất cứ thời điểm nào, dịch chuyển tín hiệu theo trực thời gian hoặc phân tích về mặt toán học.

Về dải tần, Digital Oscilloscope cho phép hoạt động với một dải tần số rộng, từ một vài Megahertz cho đến vài Gigahertz. Vì vậy, nó sẽ đáp ứng được cho nhiều ứng dụng hơn, bao gồm những tín hiệu tần số cao và những hệ thống số phức tạp.

Về tốc độ lấy mẫu, Digital Oscilloscope có một tốc độ lấy mẫu lớn nhất để xác định được tốc độ lớn nhất mà tín hiệu đầu vào có thể được lưu lại. Tốc độ lấy mẫu càng lớn thì sẽ tỷ lệ với khả năng tái tạo lại tín hiệu càng chính xác, đặc biệt là những tín hiệu đầu vào có tần số cao.

Digital Oscilloscope cung cấp những tính năng nâng cao về phát hiện tín hiệu, bao gồm phát hiện sườn xung (edge triggering), phát hiện độ rộng xung (pulse width triggering), phát hiện chuỗi bus (serial bus triggering). Những tính năng này cho phép ghi lại và phân tích những sự kiện hoặc những điểm bất thường có trong tín hiệu.

Khả năng phân tích và đo lường, Digital Oscilloscope hỗ trợ rất nhiều hệ thống phân tích (analysis tools) và các công cụ đo. Bao gồm đo lường tự động, phân tích FFT (Fast Fourier Transform analysis), đưa ra các hàm toán học của tín hiệu,... Từ đó đưa ra những khả năng nâng cao về phân tích dạng sóng và đặc tính của tín hiệu.

Về bộ nhớ lưu trữ tín hiệu, Digital Oscilloscope có bộ nhớ trong để lưu trữ dạng sóng của dữ liệu, độ rộng của bộ nhớ xác định số lượng mẫu của tín hiệu tối đa mà nó có thể được lưu trữ lại, cho phép tín hiệu được lưu trữ lại trong một khoảng thời gian dài hơn và chi tiết hơn.

Với khả năng mở rộng, Digital Oscilloscope đa dạng hơn trọng sự lựa chọn về kết nối như là USB, Ethernet, Wi-Fi,... Điều này cho phép đa dạng hơn trong việc trao đổi dữ liệu, điều khiển từ xa, dễ dàng tích hợp với các thiết bị công nghiệp và các nền tảng phần mềm cho tự động kiểm thử (automated testing) và phân tích.

1.2.3 So sánh giữa Analog Oscilloscope và Digital Oscilloscope

Qua tất cả những tính năng, ưu nhược điểm kể trên của Analog và Digital Oscilloscope, đã cho thấy rằng Digital Oscilloscope cung cấp nhiều tính năng nâng cao, linh hoạt, khả năng phân tích, lưu trữ dữ liệu, chính xác hơn Analog Oscilloscope, nó có thể thay thế Analog Oscilloscope trong hầu hết những ứng dụng. Trong khi đó, Analog Oscilloscope lại đơn giản, có giá thành rẻ hơn, đưa ra một sự mô tả của tín hiệu một cách thời gian thực, độ trễ thấp.

Sự lựa chọn tốt nhất giữa Analog và Digital Oscilloscope sẽ dựa vào yêu cầu, sự phù hợp của ứng dụng, và sở thích của người sử dụng.

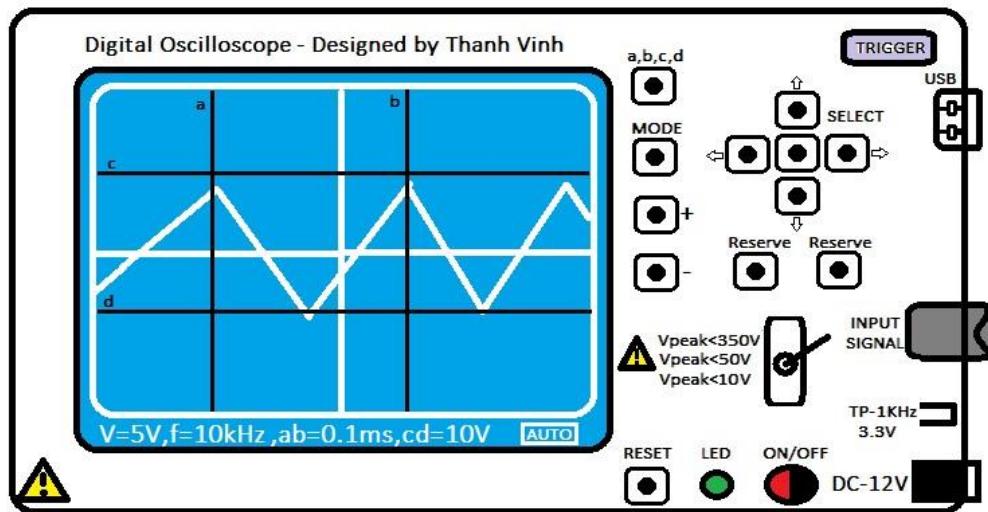
1.3 Lý do chọn đề tài

Từ những ưu điểm của Oscilloscope và những lợi ích to lớn mà nó đem lại cho những người thiết kế, kỹ sư,... Cùng với đó là những trải nghiệm thực tế mà bản thân em gặp phải, đó là những khó khăn trong quá trình tìm lỗi, thiếu công cụ để phân tích, đo lường dạng sóng của tín hiệu. Đó là những lý do khiến cho em muốn được thiết kế một thiết bị Digital

Oscilloscope giá thành rẻ, có đầy đủ hầu hết những tính năng cơ bản, phục vụ cho những ứng dụng với tín hiệu có tần số thấp.

1.4 Mô tả thiết kế

Mô tả cho thiết bị Digital Oscilloscope trong đề tài mà em thiết kế gồm những phần như sau:



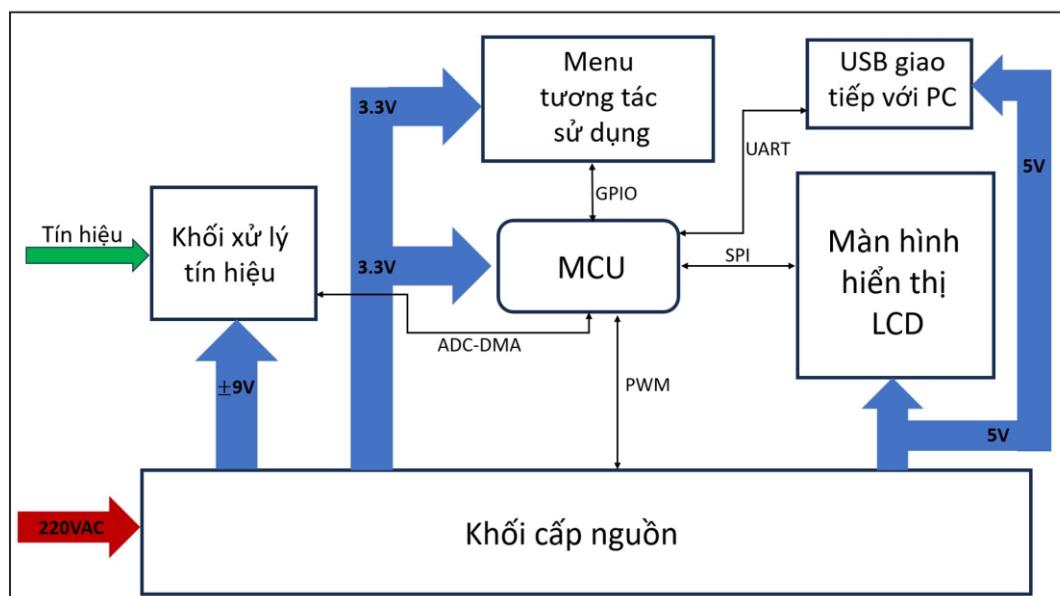
Hình 4: Hình ảnh mô tả thiết kế dự kiến của Digital Oscilloscope

- Thông số của thiết bị đặt ra:
 - Điện áp nguồn đầu vào (Power supply): 10V-12V DC (Sử dụng bộ chuyển đổi AC-DC 12V-2A)
 - Kênh đo (Channel): 1 kênh đo
 - Tín hiệu đầu vào (Input signal): $V_{peak_max}=350V$
 - Thang đo (Scale): 350V-50V-10V
 - Test-point: 3.3V – 1KHz
 - Sai số (Error): $\pm 3\%$
 - Tần số lớn nhất (Max bandwidth): 200KHz
 - Điện áp của tín hiệu (Input voltage): AC, DC
 - Độ phân giải điện áp (Voltage sensitivity): 100mV/Div – 100V/Div
 - Độ phân giải thời gian (Time sensitivity): 8uS/Div – 10ms/Div
 - Tốc độ lấy mẫu tối đa (Max sampling rate): 1.17uS
 - Dữ liệu ghi lại tối đa (Record length): 4096 điểm (sample)
 - Kích thước: 160x110mm
 - Khối lượng: 100g
 - Hiển thị: Màn hình LCD 128x64

- Các chức năng chính của thiết bị:
 - Chuyển các dải tín hiệu 350V, 50V, 10V bằng công tắc.
 - Điểm Test-point để kiểm tra và hiệu chỉnh độ chính xác.
 - Màn hình hiển thị đầy đủ thông tin Vol/Div, Time/Div, V-peak.
 - Đo khoảng cách thời gian.
 - Đo khoảng cách điện áp.
 - Thu/phóng kích thước tín hiệu theo chiều dọc, chiều ngang.
 - Dịch tín hiệu theo trực dọc, trực ngang.
 - Run/Stop tín hiệu.
 - Triggering tín hiệu theo sườn xung lên, sườn xung xuống.
 - Kết nối với máy tính thông qua USB.

CHƯƠNG 2. THIẾT KẾ MẠCH PHẦN CỨNG

2.1 Sơ đồ khái



Hình 5: Sơ đồ khái mạc phần cứng

Trong đó:

- Khối cấp nguồn: Cung cấp năng lượng cho toàn bộ các khối có trong hệ thống. Với một bộ chuyển đổi nguồn từ **220VAC** -> **12VDC**, sau đó qua các mạch chuyển đổi (Buck-Boost, Buck, IC ổn áp,...) để có các nguồn điện áp một chiều khác nhau như **9VDC**, **-9VDC**, **5VDC**, **3.3VDC**.
- MCU: Chứa bộ xử lý trung tâm MCU, xử lý toàn bộ những thao tác của người dùng, sự kiện, tính toán dữ liệu, điều khiển hiển thị, giao

tiếp với các ngoại vi, trao đổi dữ liệu với những khối khác. Khối có điện áp cung cấp là **3.3VDC**.

- Khối xử lý tín hiệu: Chứa các mạch xử lý tín hiệu tương tự, các tín hiệu có biên độ điện áp lớn, dao động tại tần số cao. Chuyển đổi sang mức điện áp phù hợp với bộ ADC của MCU. Khối xử lý tín hiệu có điện áp cung cấp là **$\pm 9VDC$** .
- Menu tương tác người dùng: Chứa các phím bấm để người dùng tương tác với thiết bị. Khối có điện áp cung cấp là **5VDC**.
- Màn hình hiển thị LCD: Hiển thị giao diện của Digital Oscilloscope. Khối có điện áp cung cấp là **5VDC**.
- USB giao tiếp với PC: Giao tiếp với PC và các công cụ hỗ trợ khác nhằm mục đích phát triển mở rộng, điều khiển từ xa, debug,... Khối có điện áp cung cấp là **5VDC**.

2.1.1 Khối cung cấp nguồn



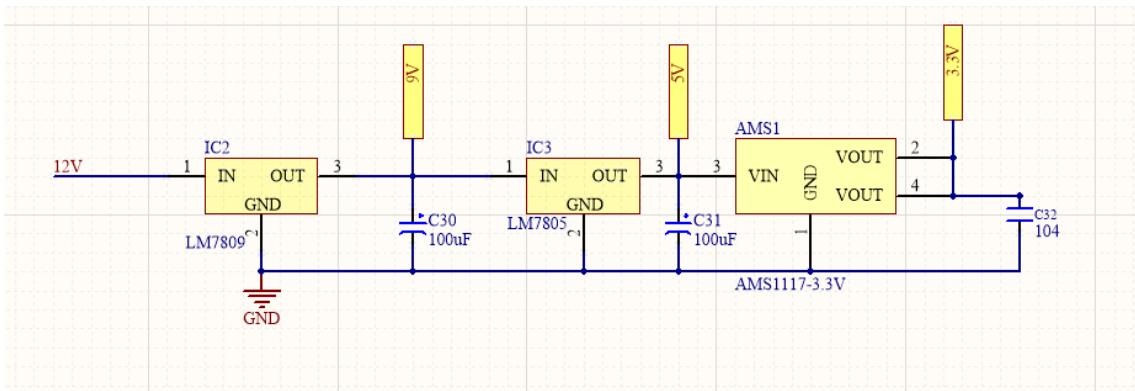
Hình 6: Mô tả khối cung cấp nguồn

Adapter:

- Điện áp vào: 100~240VAC, 50/60Hz
- Điện áp ra: 12VDC
- Dòng điện: 2A
- Kiểu Jack ngõ ra: DC 5.5*2.1mm

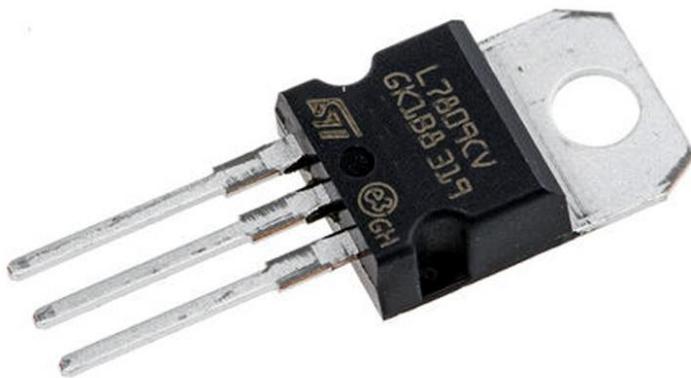
Mạch chuyển đổi:

- Sơ đồ dưới đây là mạch nguyên lý cung cấp 3 mức điện áp đó là 9V, 5V, 3.3V:



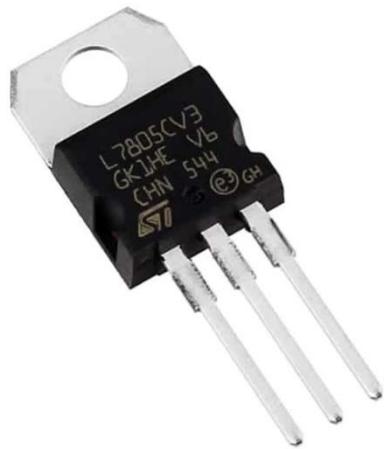
Hình 7: Sơ đồ chuyển đổi nguồn 9V, 5V, 3.3V

- Điện áp 9V: LM7809 là một mạch ổn áp được thiết kế nhỏ gọn, đơn giản, hoạt động vô cùng ổn định, mạch có điện áp vào trong một phạm vi nhất định từ 12V đến 24V, điện áp đầu ra cố định 9V, phù hợp với các ứng dụng cần sử dụng nguồn 9V. Dòng điện tối đa 1.5A.



Hình 8: LM7809

- Điện áp 5V: IC nguồn LM7805 có chức năng ổn định điện áp đầu ra cố định là 5VDC với đầu vào có thể thay đổi trong dải điện áp 7.5V - 20V, phù hợp với các ứng dụng cần sử dụng nguồn 5V. Dòng điện tối đa 1.5A.



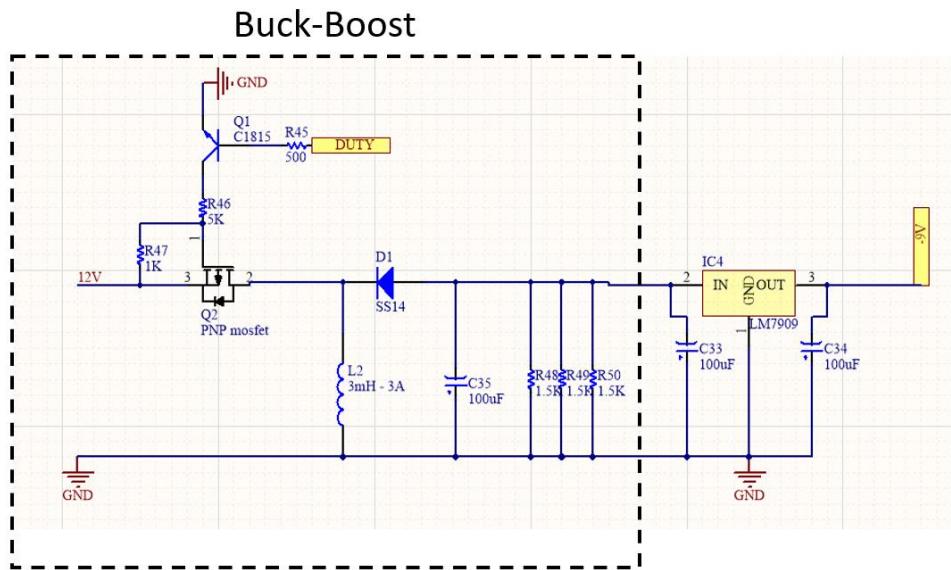
Hình 9: LM7805

- Điện áp 3.3V: AMS1117-3.3 là một IC ổn định điện áp đầu ra được sử dụng rất phổ biến bên trong các mạch điện tử, cung cấp một điện áp đầu ra ổn định 3.3V. Dòng điện tối đa 1A.



Hình 10: AMS1117-3.3

- Sơ đồ dưới đây là nguyên lý của mạch **Buck-Boost**, sau đó là IC ổn áp LM7909 cung cấp điện áp -9V:

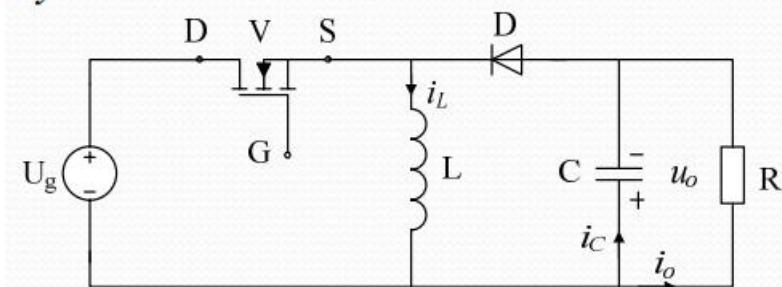


Hình 11: Mạch Buck-Boost và IC LM7909 tạo điện áp -9V

Tìm hiểu về bộ chuyển đổi Buck-Boost:

- Bộ chuyển đổi Buck-Boost là một bộ chuyển đổi điện áp DC-DC, nó cung cấp cả 2 cơ chế giảm áp (Buck) và tăng áp (Boost). Là một mạch điện tử công suất được dùng phổ biến trong đời sống.

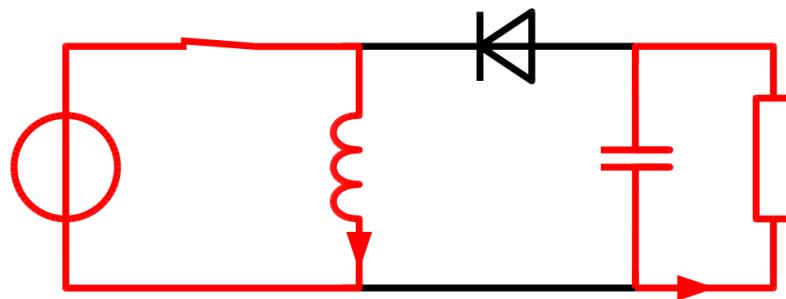
Buck-Boost Converter. Sơ đồ nguyên lý



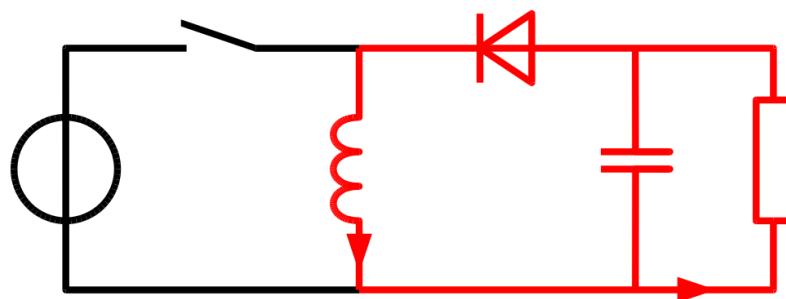
Hình 12: Sơ đồ nguyên lý mạch Buck-Boost

Bộ chuyển đổi Buck-Boost bao gồm một cuộn cảm, một công tắc chuyển mạch (MOSFET hoặc Transistor), một diode, một tụ điện và một mạch điều khiển. Nguyên lý của nó dựa trên sự lưu trữ và giải phóng năng lượng của cuộn cảm suốt trong quá trình chuyển mạch, trong đó diode và công tắc chuyển mạch đóng vai trò điều khiển dòng chiều và đặc tính của dòng điện.

On-State

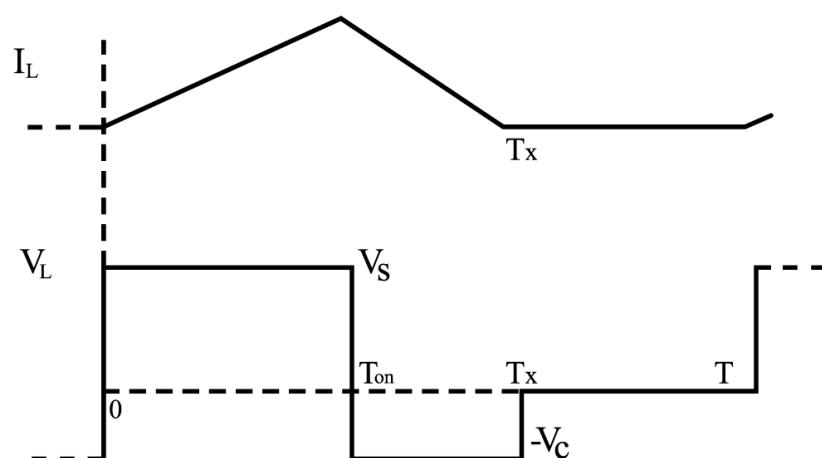


Off-State



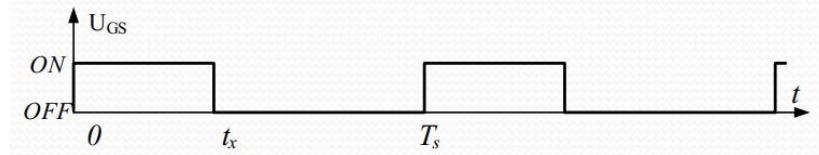
Hình 13: Hai chế độ làm việc của bộ biến đổi Buck-Boost

- Bộ chuyển đổi Buck-Boost có thể hoạt động ở chế độ dòng điện liên tục hoặc dòng điện không liên tục, nó dựa vào dòng điện của cuộn cảm suốt trong chu kỳ chuyển mạch. Ở chế độ dòng điện liên tục, dòng điện trong cuộn cảm duy trì trạng thái liên tục, trong khi ở chế độ dòng điện không liên tục, dòng điện trở về 0 trong 1 phần của quá trình chuyển mạch.



Hình 14: Chế độ dòng điện không liên tục

- Bộ biến đổi sử dụng kỹ thuật điều chế độ rộng xung PWM (Pulse Width Modulation) đặt vào công tắc chuyển mạch để điều khiển điện áp đầu ra. Độ rộng xung (Duty cycle) của tín hiệu điều khiển sẽ điều chỉnh và duy trì điện áp đầu ra mong muốn.



Hình 15: Xung PWM với chu kỳ T_s

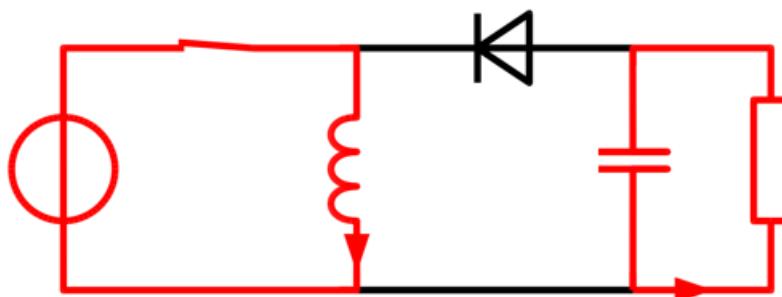
Buck-Boost cho một hiệu suất biến đổi cao (80%-95%), mặc dù phụ thuộc vào nhiều yếu tố như chọn linh kiện, điều kiện hoạt động,... Chuyển mạch với tần số cao sẽ làm kích thước của các linh kiện nhỏ lại và hiệu suất cao hơn.

- Bộ biến đổi Buck-Boost được sử dụng vào rất nhiều các ứng dụng như hệ thống cấp nguồn đơn, nguồn đôi, điều khiển LED, các hệ thống năng lượng tái tạo. Điểm mạnh của bộ biến đổi đó là hiệu suất cao, có thể tăng áp và giảm áp.
- Những điểm chú ý khi thiết kế bộ Buck-Boost đó là tính toán, lựa chọn linh kiện phù hợp với thiết kế, các giá trị của cuộn cảm, tụ điện, diode và công tắc chuyển mạch, chọn tần số điều khiển, tối ưu hóa các thông số, quản lý nhiệt độ cho các phần tử trong mạch.

Tính toán và chọn linh kiện cho mạch Buck-Boost:

* Đóng công tắc K

On-State



Hình 16: Trạng thái ĐÓNG công tắc

- Khi ở trạng thái On, công tắc K đóng, tại cuộn cảm theo phương trình:

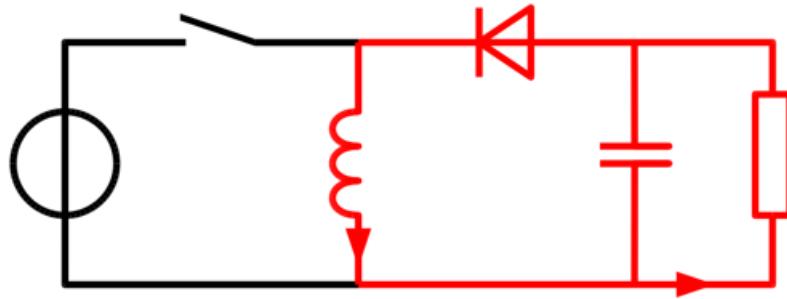
$$\frac{dI_L}{dt} = \frac{V_i}{L} \quad (1)$$

- Đến cuối trạng thái ON, dòng điện cuộn cảm tăng, được tính theo phương trình:

$$\Delta I_{L_{On}} = \int_0^{DT} dI_L = \int_0^{DT} \frac{V_i}{L} dt = \frac{V_i DT}{L} \quad (2)$$

* Mở công tắc K

Off-State



Hình 17: Trạng thái MỞ công tắc

- Khi ở trạng thái OFF, nguồn không cung cấp năng lượng cho cuộn cảm, dòng điện tích trữ bên trong cuộn cảm xả năng lượng cho tải và qua diode trở về lại cuộn cảm, với 1 tụ điện đủ lớn, điện áp trên tải sẽ bị hạn chế dao động. Ta rút ra được phương trình:

$$\frac{dI_L}{dt} = \frac{V_o}{L} \quad (3)$$

- Đến cuối trạng thái OFF, dòng điện cuộn cảm giảm, được tính theo phương trình:

$$\Delta I_{L_{Off}} = \int_0^{(1-D)T} dI_L = \int_0^{(1-D)T} \frac{V_o}{L} dt = \frac{V_o (1 - D) T}{L} \quad (4)$$

- Ta có, giá trị trung bình của dòng điện cuộn cảm giữa 2 trạng thái bằng nhau, do đó ta có phương trình:

$$\Delta I_{L_{On}} + \Delta I_{L_{Off}} = \frac{V_i DT}{L} + \frac{V_o (1 - D) T}{L} = 0 \quad (5)$$

=> Ta rút ra được mối quan hệ giữa điện áp ra và điện áp vào:

$$\frac{V_o}{V_i} = -\frac{D}{1 - D} \quad (6)$$

Với:

- Vo: Điện áp ra
- Vi: Điện áp vào
- D: Độ rộng xung (Duty cycle)

- Tính toán thông số chi tiết, chọn linh kiện cho bộ biến đổi Buck-Boost:

- Theo thiết kế, điện áp vào $U_i = 12VDC$, điện áp ra sau bộ Buck-Boost là $U_o = -12VDC$ (Quy định chiều dương của điện áp là chiều của điện áp vào). Vậy theo công thức số (6), ta có thể tính được $D = 0.5$ (Hay 50%).
- Chọn tần số đóng cắt cho công tắc chuyển mạch $f = 10KHz$.
- Chọn dòng đầu ra định mức $I_o = 1A$.
- Chọn độ đập mạch dòng điện $\Delta I = 30\% I_o$.
- Chọn độ đập mạch điện áp ra $\Delta U = 5\% U_o$.

➤ L được tính toán như sau:

- Khi khóa K đóng

$$U_i = \frac{Ld_i}{d_t}$$

Ta có $di = \Delta I$, $dt = \Delta t_1$ (với Δt_1 là khoảng thời gian khóa K đóng, ΔI là độ đập mạch của dòng điện trên cuộn cảm)

⇒ Biến đổi ta sẽ được

$$L = \frac{U_i D}{\Delta I \cdot f}$$

Thay số ta được $L = 2mH$.

➤ C được tính toán như sau:

- Khi khóa K đóng

$$I_c = \frac{Cd_u}{d_t}$$

Ta có $du = \Delta U$, $dt = \Delta t_1$ (với Δt_1 là khoảng thời gian khóa K đóng, ΔU là độ đập mạch của điện áp trên tụ điện)

⇒ Biến đổi ta sẽ được

$$C = \frac{I_o D}{\Delta U \cdot f}$$

Thay số ta được $C = 83.3\mu F$.

➤ Thông số của diode được tính toán như sau:

- Dòng điện max đi qua diode:

$$I_{\text{Peak}} = I_o + 0.5 \Delta I = 1.15A$$

- Điện áp ngược đi qua diode:

$$U_{\text{ngc}} \approx U_i + U_o = 24V$$

- Dòng điện đi qua khóa K:

$$I_{\text{MOSFET}} = D \cdot I_L \approx D \cdot I_o = 0.5A$$

- Tổng hợp từ các giá trị trên, ta được thông số cho mạch Buck-Boost để chọn linh kiện phù hợp như sau:

- $U_o = -12V$
- $D = 0.5$
- $f = 10KHz$
- $I_o = 1A$
- $L = 2mH$
- $C = 83.3\mu F$
- **Dòng điện qua diode $I_{\text{Peak}} = 1.15A$, điện áp ngược rơi trên diode $U_{\text{ngc}} = 24V$**
- **Dòng điện qua MOSFET $I_{\text{MOSFET}} = 0.5A$**

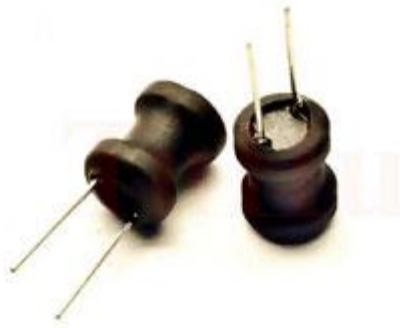
- Chọn linh kiện:

- Tụ điện: 50V-100uF



Hình 18: Tụ điện 100uF-50V

- Cuộn cảm: 3mH



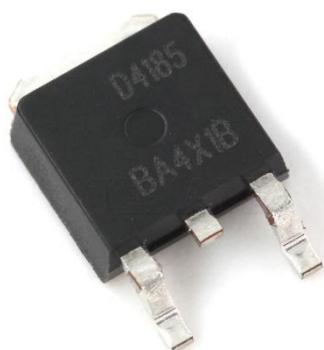
Hình 19: Cuộn cảm 3mH

- Diode: Schottky SS14 2A 40V



Hình 20: Diode Schottky SS14

- Mosfet: AOD4185 P-1CH 40A 40V



Hình 21: Mosfet AOD4185

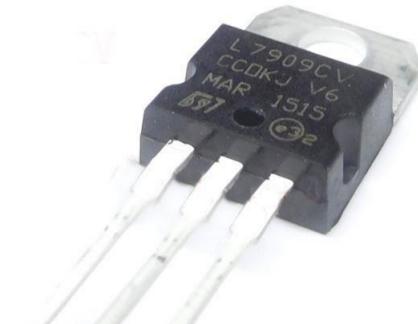
- Ngoài ra, để điều khiển Mosfet, em sử dụng thêm 1 Transistor C1815 NPN 0.15A 50V



Hình 22: Transistor C1815

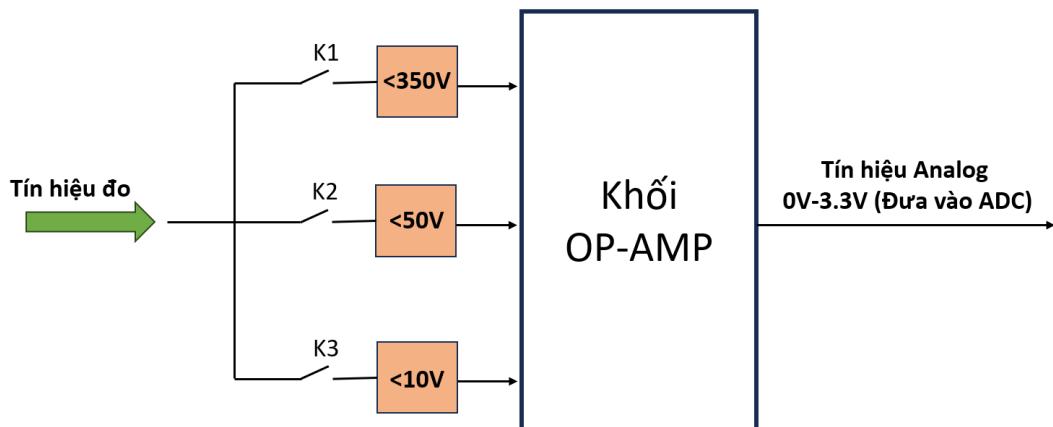
Đầu ra của bộ biến đổi Buck-Boost là -12V, sẽ là đầu vào của IC LM7909

- Điện áp -9V: LM7909 là một mạch ổn áp được thiết kế nhỏ gọn, đơn giản, hoạt động vô cùng ổn định, mạch có điện áp vào trong một phạm vi nhất định từ -12V đến -24V, điện áp đầu ra cố định -9V, phù hợp với các ứng dụng cần sử dụng nguồn -9V. Dòng điện tối đa 1.5A.



Hình 23: LM7909

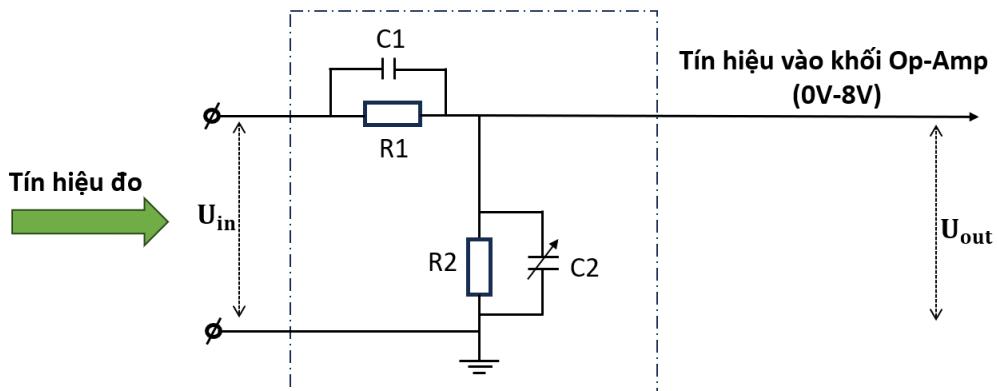
2.1.2 Khối xử lý tín hiệu



Hình 24: Mô tả khối xử lý tín hiệu

K1, K2, K3: Lần lượt là các công tắc để chọn **Tín hiệu đo lớn nhất** mà Digital Oscilloscope có thể đo được (**Chú ý rằng duy nhất chỉ 1 công tắc được đóng tại 1 thời điểm**).

Khối <350V, <50V, <10V: Là các khối giảm biên độ điện áp của các tín hiệu có biên độ tối đa lần lượt là 350V, 50V, 10V. Theo nguyên lý như sau:



Hình 25: Nguyên lý hạ điện áp của các khối <350V, <50V, <10V

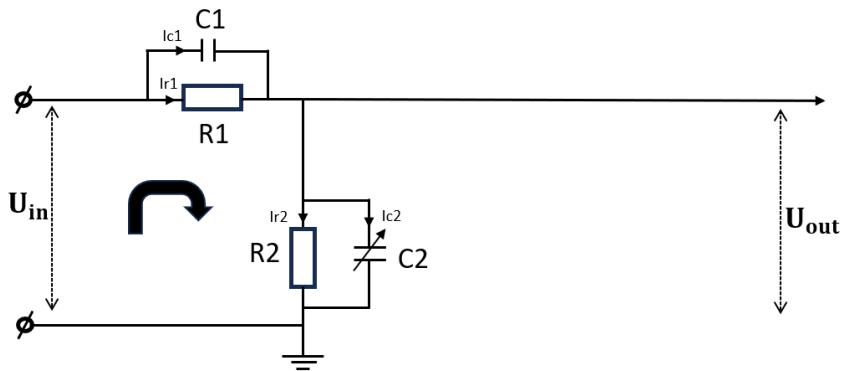
- Mạch nguyên lý hạ điện áp của các khối sẽ bao gồm 2 điện trở R1, R2 được nối theo nguyên lý phân áp, cùng với đó là tụ điện C1 mắc song song với R1, tụ biến đổi được giá trị C2 mắc song song với R2.

*Chú ý:

- Ta cần mắc thêm 2 tụ C1, C2 song song với 2 điện trở vì trong thực tế, các linh kiện như điện trở sẽ không phải lý tưởng, vì vậy trong chúng luôn tồn tại thành phần của cuộn cảm và tụ điện. Với những tín hiệu vào tần số thấp, hình dạng của tín hiệu sẽ không bị méo và suy hao khi đi qua mạch phân áp thuận điện trở. Ngược lại, khi đổi

với tín hiệu dao động tần số cao, nó sẽ bị ảnh hưởng bởi các thành phần của cuộn cảm và tụ điện lên tín hiệu, gây méo và sai tín hiệu.

- Do đó, việc mắc song song thêm 2 tụ điện với **một hệ số giá trị phù hợp** sẽ giúp ta giải quyết được vấn đề nêu trên, và hệ số giảm áp của mạch phân áp cũng không bị thay đổi đối với các tín hiệu có tần số khác nhau.
- Tính toán C1, C2 từ những công thức sau đây:



Hình 26: Quy định chiều dòng điện và điện áp

Giải mạch trên, ta có hệ phương trình:

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{in} - U_{out} = Ir_1 \cdot R_1 = \int \frac{1}{C_1} \cdot Ic_1 dt \\ Ir_1 = Ir_2 + Ic_2 - Ic_1 \end{array} \right. \quad (7)$$

$$(8)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} U_{out} = Ir_2 \cdot R_2 = \int \frac{1}{C_2} \cdot Ic_2 dt \end{array} \right. \quad (9)$$

Phân tích và biến đổi từ các công thức (7), (8), (9) ta có:

$$\left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) U_{out} = U_{in} + \boxed{R_1 C_1 U'_{in} - R_1 (C_1 + C_2) U'_{out}} \quad (10)$$

Từ phương trình (10), để U_{out} và U_{in} có hệ số tỷ lệ chỉ phụ thuộc vào giá trị của R_1 và R_2 , thì *vùng ô vuông nét đứt* phải bằng 0. Hay

$$(11)$$

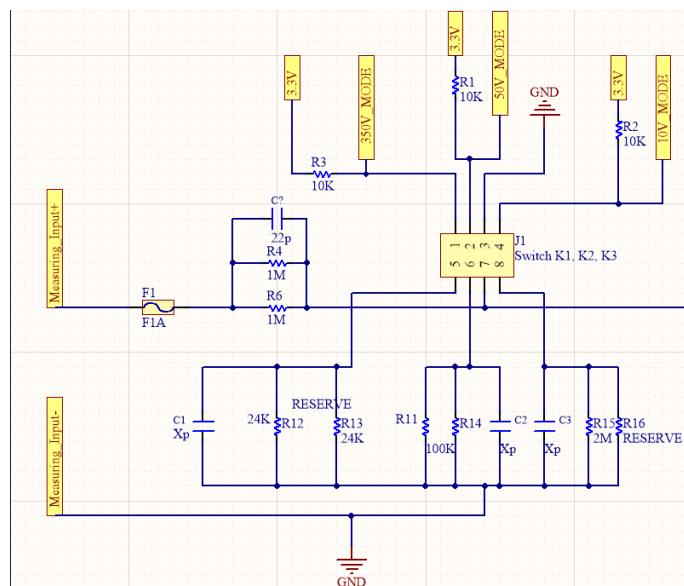
$$\frac{C_1}{C_1 + C_2} = \frac{U'_{out}}{U'_{in}} = K$$

⇒ Kết luận : Em sẽ chọn giá trị cố định cho **C1**, với mỗi **C2** ở các khối <350V, <50V, <10V sẽ chọn các tụ điện có điện dung thay đổi được để dễ dàng tinh chỉnh.

- Tính toán R1, R2 phụ thuộc vào hệ số giảm áp tại mỗi nhánh <350V, <50V, <10V sao cho điện áp vào khối Op-Amp max là **8V**.

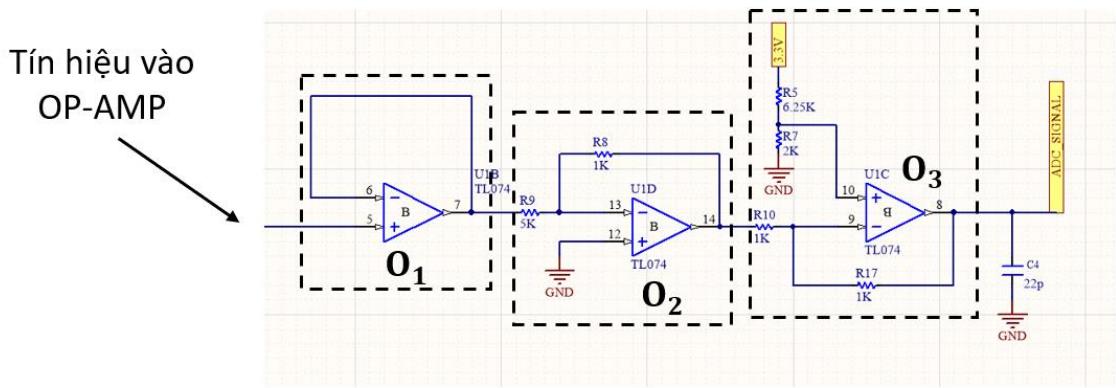
(Ví dụ: Tại nhánh <350V có điện áp tín hiệu vào max là **350V**, điện áp vào khối Op-Amp max là **8V**. Vậy $\frac{U_{out}}{U_{in}} = \frac{8}{350} = \frac{R2}{R2+R1}$, chọn **R1 = 500K Ohm => R2 = 12K Ohm**)

*Hình ảnh dưới đây là chi tiết của các khối <350V, <50V, <10V trên sơ đồ thiết kế



Hình 27: Chi tiết các khối <350V, <50V, <10V trên mạch thiết kế

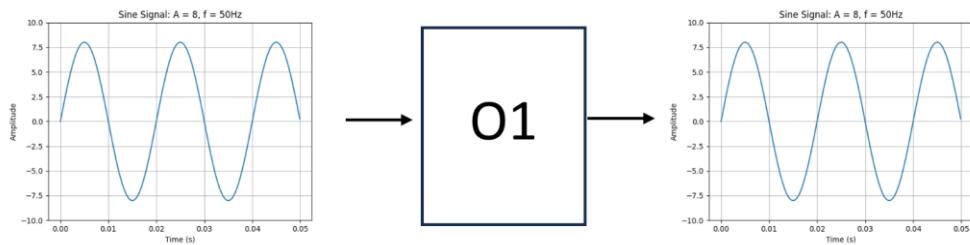
Khối OP-AMP: Là khối xử lý tín hiệu cuối cùng trước khi đưa tín hiệu đó vào bộ chuyển đổi tương tự - số (ADC), được cung cấp **nguồn đối xứng +9V và -9V**. Theo nguyên lý như sau:



Hình 28: Nguyên lý khối OP-AMP

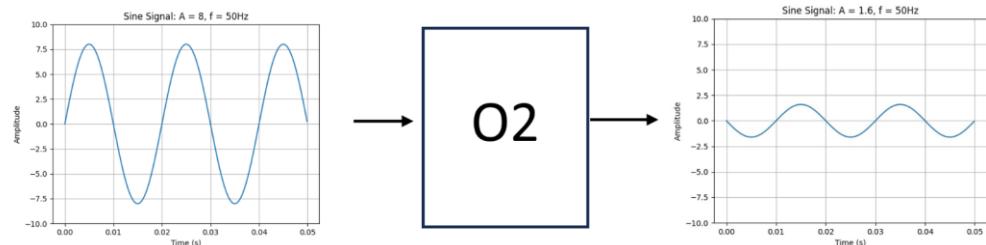
*Khối OP-AMP có thành phần gồm 3 khuếch đại thuật toán lần lượt là **O₁**, **O₂**, **O₃**, đầu ra của khối trước là đầu vào của khối sau, trong đó:

- **O₁** là **mạch đệm tín hiệu**, có tín hiệu đầu vào dài từ **0-8V**, tác dụng ngăn tín hiệu đầu vào bị ảnh hưởng và suy hao do các thành phần đằng sau **O₁** gây ra. Tín hiệu ra **không thay đổi** dạng sóng.



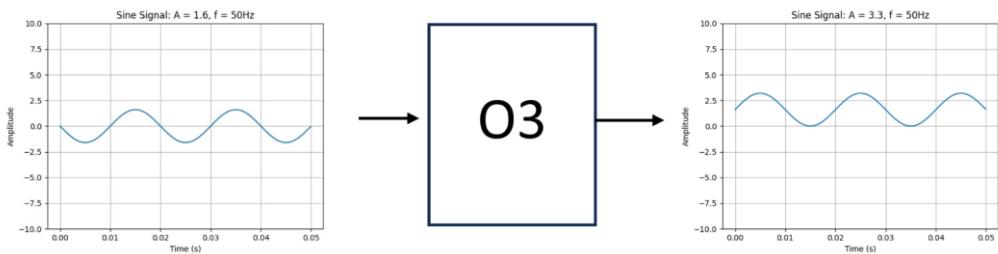
Hình 29: Tín hiệu qua **O1**

- **O₂** là **mạch khuếch đại đảo** có hệ số khuếch đại **K = -0.2**. Tín hiệu **giảm biên độ** và **đảo pha**.



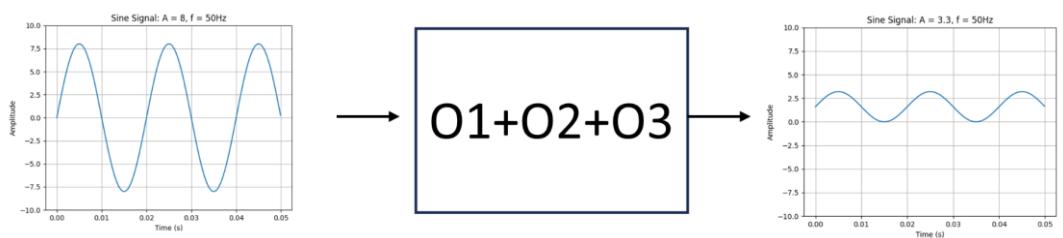
Hình 30: Tín hiệu qua **O2**

- **O₃** là **mạch cộng tín hiệu** có mối liên hệ giữa **Uin** và **Uout** là : **Uout = 1.6 – Uin**. Tín hiệu thành **tín hiệu một chiều** và **đảo pha**.



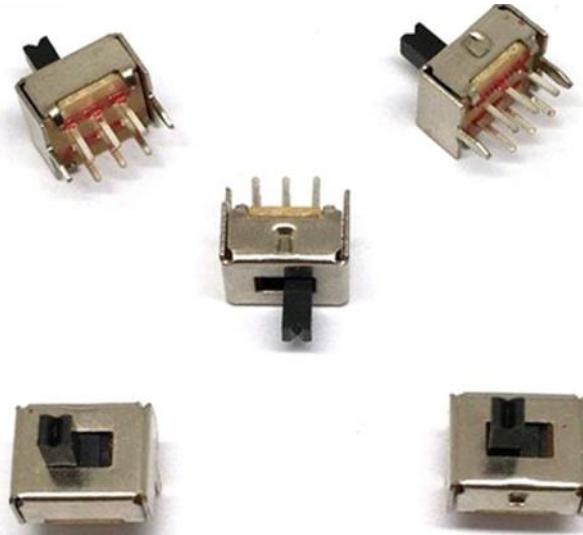
Hình 31: Tín hiệu qua O_3

- Tổng hợp O_1 , O_2 , O_3 , ta có tín hiệu sau khi đi qua khối OP-AMP như sau:



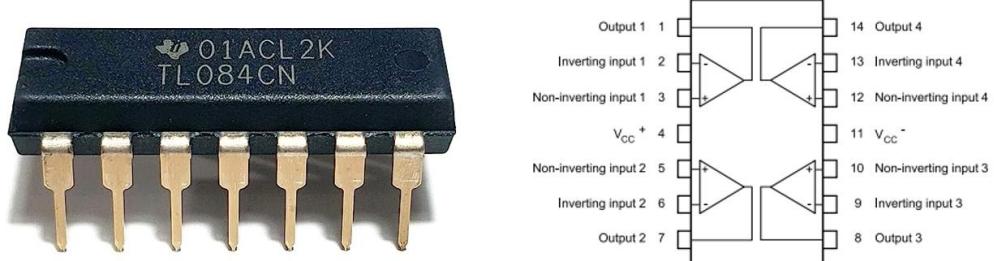
Hình 32: Tín hiệu qua khối OP-AMP

- Chọn linh kiện: Công tắc gạt 8 chân 3 trạng thái SS-23D07VG4
 - Công tắc K1, K2, K3:



Hình 33: Công tắc 8 chân

- Khối OP-AMP: TL084
 - + Từ tín hiệu đo lường có tần số tối đa $f = 200\text{KHz}$, em dựa vào các thông số **Gain Bandwidth** và **Slew rate** để lựa chọn Op-amp:
 - Gain Bandwidth:** $\text{GB} = \text{Gain} * f$
 - Slew rate:** là tốc độ thay đổi điện áp trên $1\mu\text{s}$.



Hình 34: Op-amp TL084

+, TL084 là một Op-Amp của hãng Texas Instrument, với đầu vào JFET với trở kháng đầu vào cao và dòng điện bù và điện áp bù thấp rất lý tưởng cho các ứng dụng khuếch đại. Op-Amp này có khả năng chống nhiễu cao và các đặc tính bù (offset) rất tốt.

+, Đặc tính thông số kỹ thuật TL084

- Gói 4 đầu vào JFET Op-Amp
- Điện áp hoạt động: + 18V đến -18V
- Điện áp hoạt động tối thiểu: 7V
- Gain Bandwidth: 3MHz
- Slew rate: 13V/uS

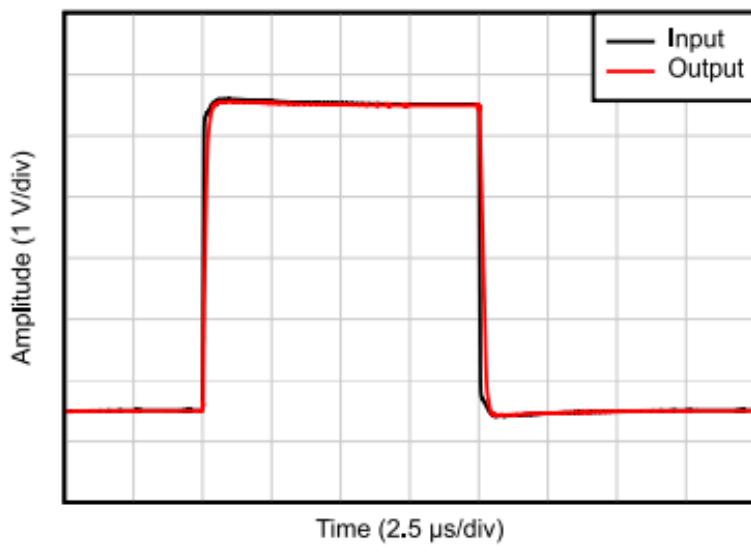


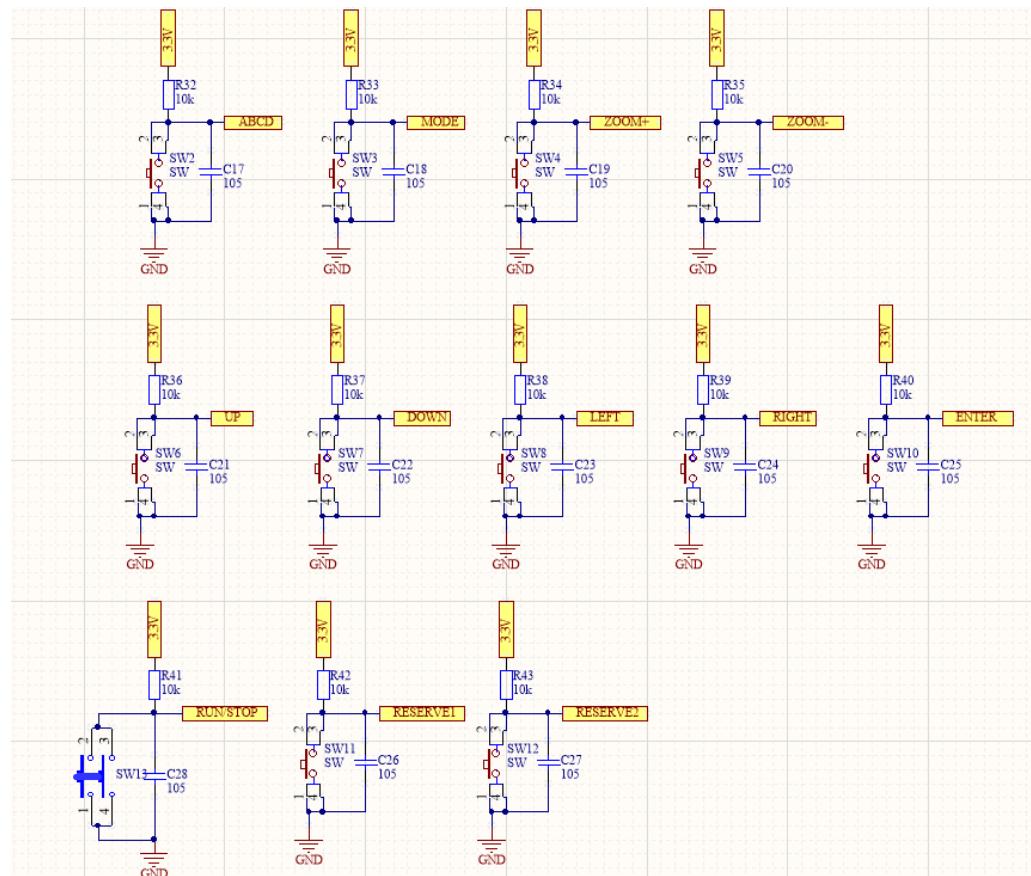
Figure 6-35. Large-Signal Step Response

Hình 35: Test Slew rate trong điều kiện $C=20\text{pF}$, Gain = 1

2.1.3 Khối menu tương tác người sử dụng

- Khối menu tương tác với người dùng bao gồm tổ hợp các phím bấm, cho phép người dùng lựa chọn sử dụng, thay đổi các chức năng, chế độ mong muốn để tạo ra hình ảnh của tín hiệu 1 cách rõ ràng hơn, từ đó giúp người sử dụng dễ dàng phân tích, tăng hiệu quả sử dụng của thiết bị.

*Hình ảnh dưới đây là chi tiết của khối Menu tương tác, bao gồm các nút bấm như sau:



Hình 36: Khối Menu tương tác với người dùng

- **ABCD:** đo lường độ dài của *thời gian*, *diện áp* giữa 2 điểm bắt kí trên màn hình.
- **MODE:** chọn giữa 2 chế độ là *thời gian* hoặc *diện áp*, từ đó có thể điều chỉnh scale, dịch tín hiệu,...các thao tác khác phù hợp với từng mode.
- **ZOOM+:** thay đổi scale tăng dần theo *thời gian* hoặc *diện áp*.
- **ZOOM-:** thay đổi scale giảm dần theo *thời gian* hoặc *diện áp*.
- **UP:** dịch tín hiệu đo lên theo chiều dương so với gốc tọa độ, hoặc thay đổi ngưỡng điện áp trigger trong chế độ “triggering mode”.

- **DOWN:** dịch tín hiệu đo xuống theo chiều âm so với gốc tọa độ hoặc thay đổi ngưỡng điện áp trigger trong chế độ “triggering mode”.
- **LEFT:** dịch tín hiệu đo sang trái hoặc dịch trực đo khoảng cách *thời gian* sang trái.
- **RIGHT:** dịch tín hiệu đo sang phải hoặc dịch trực đo khoảng cách *thời gian* sang phải.
- **ENTER:** chuyển chế độ giữa đo *khoảng cách thời gian* hoặc *khoảng cách điện áp*.
- **RUN/STOP:** chuyển chế độ giữa *đo* và *dừng đo* tín hiệu.
- **RESERVE1 (OPTION1):** dự phòng.
- **RESERVE2 (OPTION2):** dự phòng.

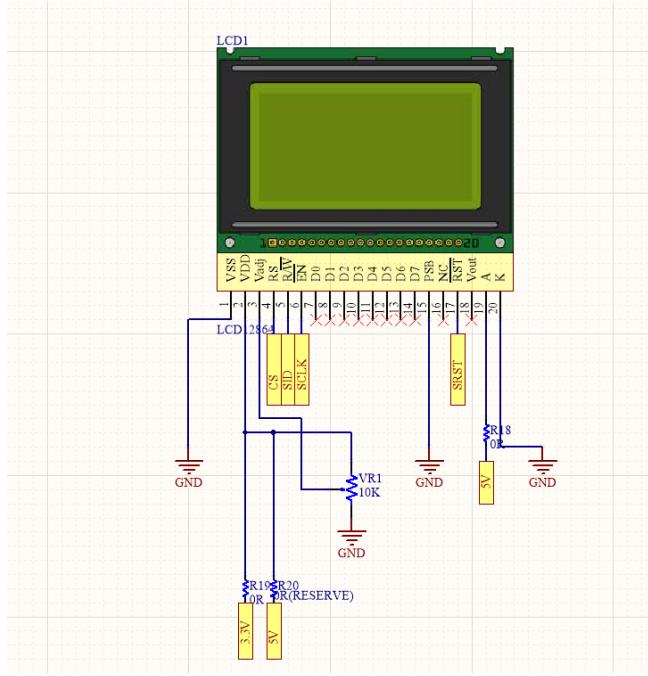


Hình 37: Nút nhấn tương tác người dùng

2.1.4 Khối màn hình hiển thị LCD

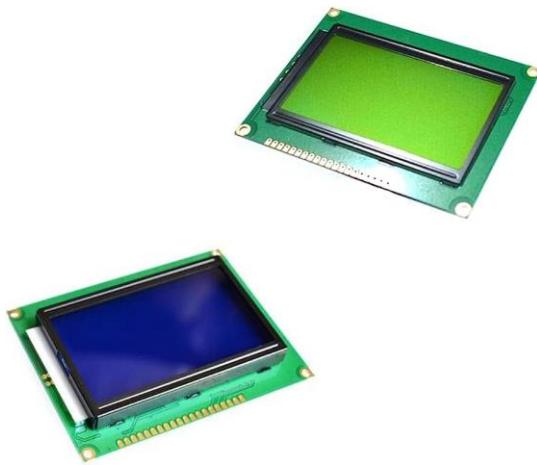
- Khối hiển thị LCD được lựa chọn theo các tiêu chí như giá thành rẻ, độ phân giải đủ để hiển thị được tín hiệu, màn hình hiển thị rõ nét, đủ rộng để hiển thị các thông tin cần thiết.

*Hình ảnh dưới đây là chi tiết của khối màn hình hiển thị:



Hình 38: Khối màn hình hiển thị LCD

- Chọn linh kiện: Màn hình LCD 12864 ST7920
 - Màn hình Graphic LCD 12864 Driver ST7920 xanh lá sử dụng IC Driver ST7920 là loại phổ biến trên thị trường hiện nay, có chức năng hiển thị như một màn hình đơn sắc với độ phân giải 128 x 64 Pixels, màn hình hiển thị rõ nét chữ và hình ảnh đơn sắc, thiết kế và gia công tốt, độ bền cao.



Hình 39: Màn hình LCD 12864 ST7920

- Graphic LCD** (gọi tắt là GLCD) loại chấm không màu là các loại màn hình tinh thể lỏng nhỏ dùng để hiển thị chữ, số hoặc hình ảnh. Khác với Text LCD (Như LCD 2004, LCD 1602...), GLCD không được chia thành các ô để hiển thị các mã ASCII vì GLCD không có

bộ nhớ CGRAM (Character Generation RAM). GLCD 128x64 có 128 cột và 64 hàng tương ứng có $128 \times 64 = 8192$ chấm (dot). Mỗi chấm tương ứng với 1 bit dữ liệu, và như thế cần 8192 bits hay 1024 bytes RAM để chứa dữ liệu hiển thị đầy đủ 128x64 GLCD. Tùy theo loại chip điều khiển, nguyên lý hoạt động của GLCD có thể khác nhau.

- **Thông số kỹ thuật:**

- Điện áp sử dụng: 5VDC
- IC Driver: ST7920
- Chữ đen, nền xanh lá.
- Kích thước: 93 x 70 x 13.5 mm
- Giao thức: Parallel hoặc SPI

LCD breakout board pin number	designation	function
1	GND	GND
2	VCC	power
3	V0	contrast
4	RS (chip select)	register select
5	RW (data, MOSI)	read/write
6	E (CLK, clock)	clock
7	DB0	parallel data
8	DB1	parallel data
9	DB2	parallel data
10	DB3	parallel data
11	DB4	parallel data
12	DB5	parallel data
13	DB6	parallel data
14	DB7	parallel data
15	PSB	SPI enable
16	NC	
17	RST	reset
18	Vout	
19	BLA	background led
20	BLK	GND

Hình 40: Sơ đồ chân LCD 12864

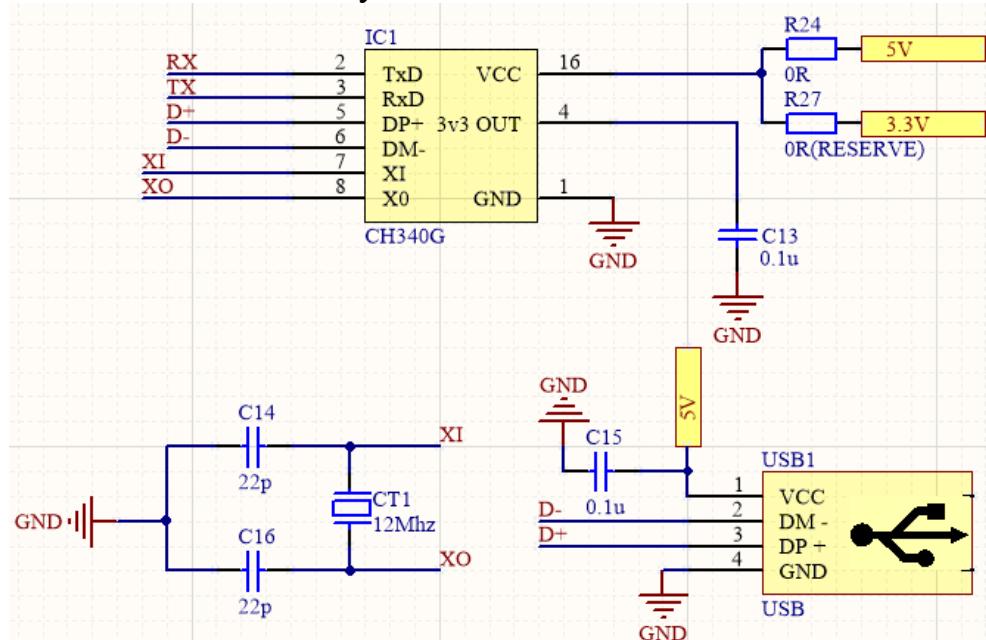
- Trong đó:
 - + GND, VCC: Nguồn cho LCD (5V)
 - + V0: Điều chỉnh độ tương phản
 - + RS: Chip select (trong chế độ SPI)
 - + RW: MOSI (trong chế độ SPI)
 - + E: Clock (trong chế độ SPI)
 - + DB0-DB7: Data (trong chế độ parallel)
 - + PSB: Chuyển chế độ (chế độ parallel hoặc SPI)

- + RST: Reset
- + BLA, BLK: Nguồn cho đèn nền (5V)

2.1.5 Khối USB giao tiếp với PC

- Khối USB giao tiếp với PC có chức năng trao đổi dữ liệu giữa Digital Oscilloscope với các thiết bị PC, nhằm mục đích điều khiển, remote từ máy tính, mở rộng tính năng cho thiết bị. Ngoài ra, nó còn giúp người phát triển dễ dàng sửa lỗi, debug.

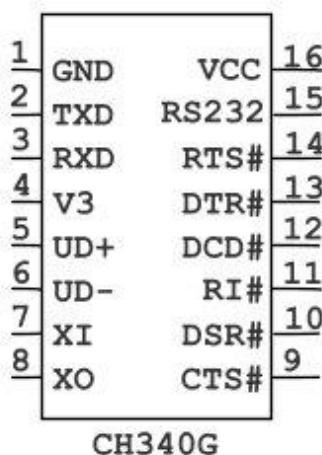
*Hình ảnh dưới đây là chi tiết của khói USB:



Hình 41: Khối USB kết nối PC

Bao gồm:

- CH340G: là một IC chuyển đổi USB sang Serial hai chiều, được sử dụng để chuyển đổi tín hiệu USB thành UART, có thể được sử dụng để giao tiếp với vi điều khiển.



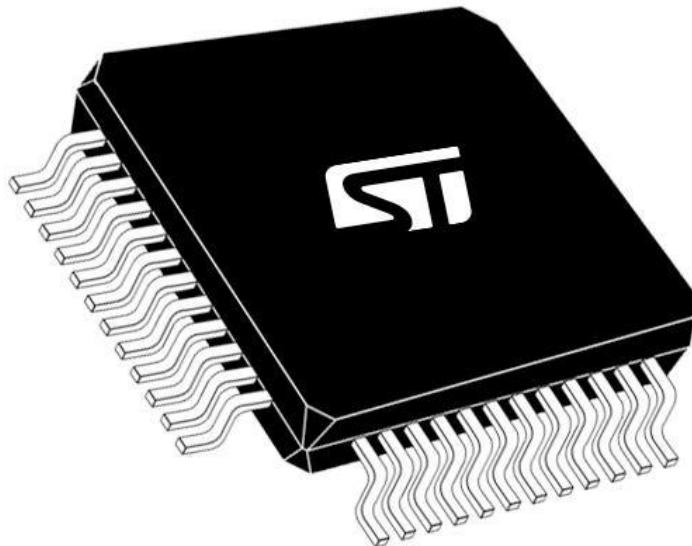
Hình 42: Sơ đồ chân CH340G

- Các chân sử dụng là:
 - +,GND: 0V
 - +,VCC: 5V
 - +,TXD: Truyền dữ liệu của UART
 - +,RXD: Nhận dữ liệu của UART
 - +,UD+: Data+ của USB
 - +,UD-: Data- của USB
 - +,XI: Thạch anh dao động 12Mhz
 - +,XO: Thạch anh dao động 12Mhz

2.1.6 Khối MCU

- MCU (Microcontroller Unit) được coi như là bộ não của một hệ thống, điều hành tất cả các hành vi của board mạch (thiết bị), nó sẽ xử lý toàn bộ những tính toán, từ đó phân tích, đưa ra quyết định điều khiển những ngoại vi kết nối với nó.
- Vi điều khiển (Microcontroller Unit) là một mạch tích hợp trên một bộ chip có thể lập trình được dùng để điều khiển hoạt động của hệ thống. Bộ vi điều khiển tiến hành đọc, lưu trữ thông tin, xử lý thông tin, đo lường thời gian và tiến hành đọc mở một cơ cấu nào đó. Người lập trình có thể sử dụng nhiều ngôn ngữ để lập trình cho vi điều khiển. Nhưng ngôn ngữ thường được sử dụng là C và Assembly.
- Các thành phần có bên trong 1 MCU bao gồm:
 - +, Lõi vi xử lý: Lõi vi xử lý là khối xử lý trung tâm (CPU) của một MCU, nó có trách nhiệm thực thi chương trình và thực hiện tính toán. Nó có thể dựa trên nhiều kiến trúc khác nhau như ARM, AVR, ...
 - +, Bộ nhớ: MCU có một hệ thống bộ nhớ bao gồm bộ nhớ Code (firmware) và bộ nhớ dữ liệu. Diễn hình đó là bộ nhớ FLASH để lưu trữ chương trình và bộ nhớ RAM lưu trữ dữ liệu. Một vài MCU cũng có thêm những bộ nhớ lưu trữ khác như EEPROM hoặc FRAM.
 - +, Ngoại vi: MCU tích hợp nhiều loại ngoại vi bên trong nó để giao tiếp với các thiết bị bên ngoài và thực hiện các chức năng cụ thể. Chúng bao gồm input/output (GPIO), các chuẩn giao tiếp như (UART, SPI, I2C,...), bộ chuyển đổi tương tự-số (ADC), Timers, băm xung PWM,... Những khối ngoại vi cụ thể sẽ phụ thuộc vào loại MCU và ứng dụng.
 - +, Phát xung (clock) và quản lý nguồn: MCU yêu cầu một bộ phát xung nhịp cho toàn bộ cả hệ thống để đồng bộ những hoạt động của nó. Nhiều MCU có bộ dao động nội (on-chip oscillator) hoặc có thể là dao động ngoại (external oscillator). Bộ quản lý nguồn để quản lý điện áp nguồn cung cấp cho các thành phần và quản lý công suất tiêu thụ.

- MCU trong ứng dụng Digital Oscilloscope được lựa chọn theo các tiêu chí như có thông số kỹ thuật như **tốc độ đọc ADC** đủ nhanh, đầy đủ các **ngoại vi cần thiết** phù hợp, **tốc độ xung nhịp cao**, **dung lượng bộ nhớ lớn**, **lập trình đơn giản**, **dễ dàng mua** trên thị trường và **có giá thành phù hợp**.
- Qua quá trình tìm hiểu và lựa chọn, em đã chọn được MCU **STM32F103C8T6** cho ứng dụng của mình. Nó đáp ứng được tất cả những tiêu chí đã đặt ra, chi tiết như sau:

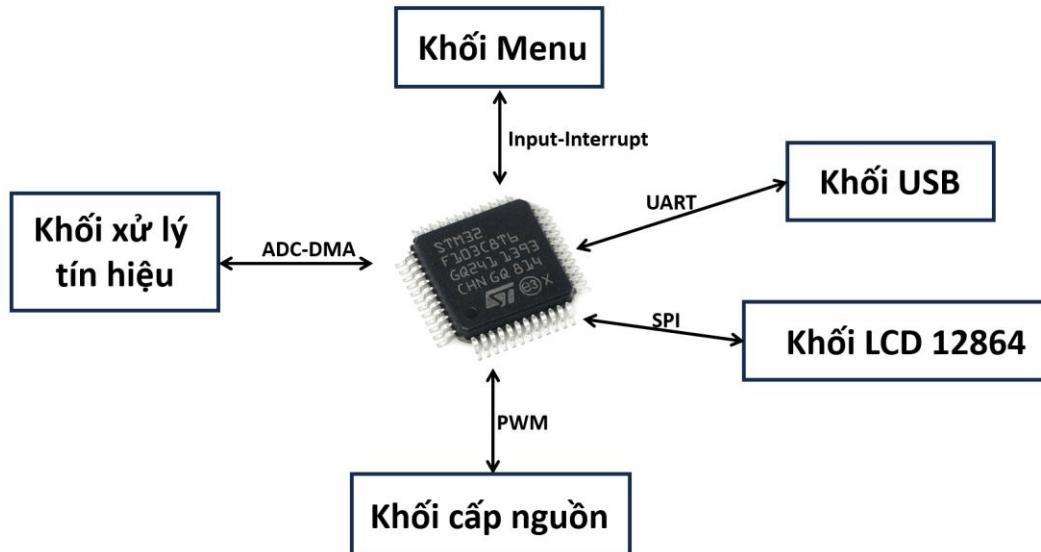


Hình 43: Vi điều khiển STM32F103C8T6

- STM32F103C8T6 là một vi điều khiển thuộc họ STM32 được sản xuất bởi STMicroelectronics. Là một MCU có hiệu suất xử lý mạnh mẽ, ngoại vi đầy đủ, giá thành hợp lý.
- Thông số kỹ thuật:
 - + Vi xử lý: Nó dựa trên kiến trúc ARM Cortex-M3 32bit, kiến trúc này cân bằng giữa hiệu suất và năng lượng tiêu thụ.
 - + Tần số xung nhịp: MCU hoạt động tại tần số tối đa là 72MHz
 - + Bộ nhớ: bao gồm 64KB bộ nhớ FLASH, 20KB bộ nhớ SRAM
 - + Ngoại vi: chứa đầy đủ các ngoại vi cơ bản như GPIO, USART, SPI, IIC, ADC, PWM, Timers,...
 - + IDE: nó hỗ trợ rất nhiều hệ sinh thái để phát triển phần mềm cho STM32, cùng với đó là cộng đồng phát triển mạnh trên toàn thế giới.

- + Chuẩn kết nối: hỗ trợ chuẩn USB, CAN, Ethernet,... để dàng giao tiếp với các thiết bị bên ngoài và mạng.
- + Package: nhỏ gọn và thiết kế phổ biến dưới dạng LQFP48 với 48 pins. Dễ dàng tích hợp vào board mạch.

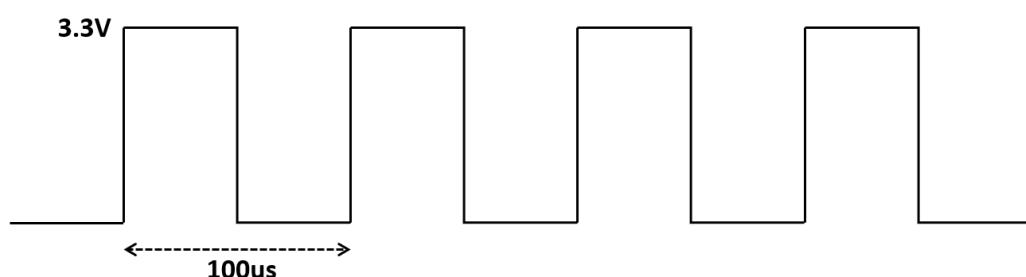
* Hình ảnh dưới đây là sự tương tác của khối MCU và các khối khác:



Hình 44: Sự tương tác giữa khối MCU và các khối

Khối MCU và khối cấp nguồn

- Như đã biết, khối cấp nguồn bao gồm các IC ổn áp để tạo ra nhiều mức điện áp khác nhau, từ đó cấp nguồn cho tất cả các khối, thì ngoài ra còn mạch **Buck-Boost** để tạo nguồn đôi +9VDC. Do đó, **Khối MCU** sẽ băm xung PWM điều khiển cho mạch **Buck-Boost** để đầu ra của nó có giá trị là **-12VDC**.
- Xung PWM có tần số **f = 10KHz** và có **Duty = 50%**.



Hình 45: Xung PWM 10KHz, Duty = 50%

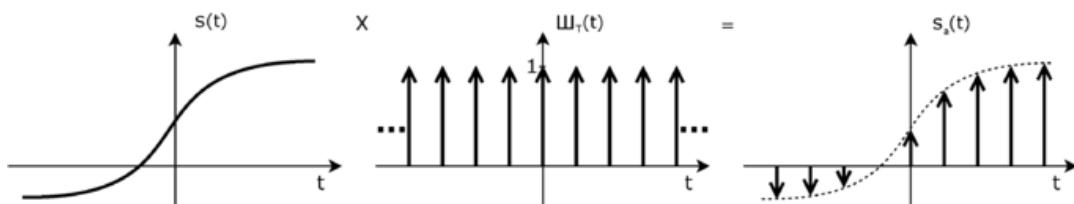
Khối MCU và khối xử lý tín hiệu

- Sau khi tín hiệu đo đi qua khối xử lý tín hiệu, tín hiệu đó sẽ có điện áp nằm trong khoảng (0-3.3V), ta sẽ đưa trực tiếp tín hiệu đó vào bộ chuyển đổi tín hiệu tương tự - số ADC của MCU.

- Tần số tín hiệu tối đa của Digital Oscilloscope là **200KHz**, vậy theo *định luật lấy mẫu Nyquist – Shannon* ta có:

Một hàm số tín hiệu $x(t)$ không chứa bất kỳ thành phần tần số nào lớn hơn hoặc bằng một giá trị f_m có thể biểu diễn chính xác bằng tập các giá trị của nó với chu kỳ lấy mẫu $T = 1/(2f_m)$.

- Như vậy, tần số lấy mẫu phải thoả mãn điều kiện $f_s \geq 2f_m$. Tần số giới hạn $f_s/2$ này được gọi là tần số Nyquist.



Hình 46: Hình ảnh minh họa tái tạo tín hiệu

- Áp định lý Nyquist – Shannon vào ứng dụng, $f_m = 200\text{KHz}$, ta tính được $f_m \geq 400\text{KHz}$ hay tần số lấy mẫu của ADC tối thiểu sẽ là **400KHz** hay thời $T_s \leq 2.5\mu\text{s}$ (T_s là thời gian lấy mẫu).
- Do đó, ta sử dụng ADC kết hợp DMA để tần số lấy mẫu có thể đủ nhanh để đáp ứng được T_s .

Trước tiên, ta tìm hiểu về bộ DMA (Direct Memory Access):

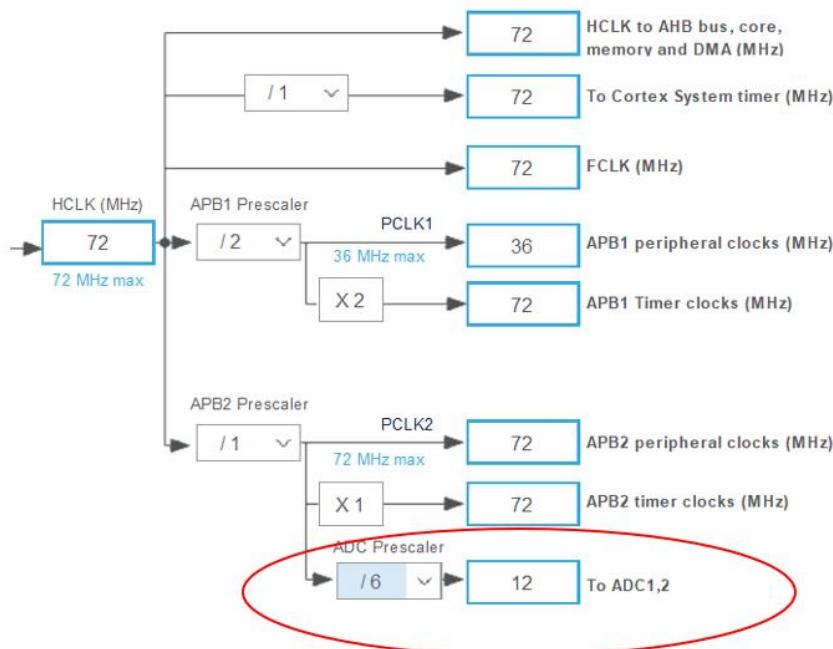
- DMA – Direct memory access(DMA) được sử dụng với mục đích truyền data với tốc độ cao từ thiết bị ngoại vi đến bộ nhớ cũng như từ bộ nhớ đến bộ nhớ. Data được truyền với tốc độ cao hơn khi sử dụng DMA do không cần nhiều lệnh xử lý từ CPU. Điều đó làm cho tài nguyên CPU được rảnh rỗi cho các hoạt động khác.

Ở STM32F103C8 chỉ có 1 bộ DMA với 7 kênh hỗ trợ cho các chức năng như: ADC1, SPI, USART, I2C, TIM1 -> TIM4.

- Chức năng chính:

- +, 7 channel của kênh DMA1 có thể được cấu hình riêng biệt.
- + Mỗi channel được kết nối để dành riêng cho tín hiệu DMA từ các thiết bị ngoài hay tín hiệu nội bên trong MCU.
- + Có 4 mức ưu tiên có thể lập trình cho mỗi channel.

- + Kích thước data được sử dụng là 1 byte, 2 byte(half word) hoặc 4 byte(word).
 - + Hỗ trợ việc lặp lại liên tục data.
 - + Có 3 ngắt sự kiện(truyền xong DMA half word, word và truyền DMA bị lỗi).
 - + Có 2 loại truyền dữ liệu là ngoại vi với bộ nhớ và bộ nhớ với bộ nhớ.
 - + Quyền truy cập tới Flash, SRAM, APB1, APB2, APB.
 - + Số lượng data có thể lên đến 65535.
- Trong thiết kế, em chọn tần số xung clock cho MCU tại tần số cao nhất là **72MHz**. Từ đó ta sẽ có tần số xung clock cho bộ ADC là **12MHz**.



Hình 47: Tần số xung clock của ADC

- Ta có công thức tính toán thời gian chuyển đổi ADC trong hình ảnh sau:

The total conversion time is calculated as follows:

$$T_{conv} = \text{Sampling time} + 12.5 \text{ cycles}$$

Example:

With an ADCCLK = 14 MHz and a sampling time of 1.5 cycles:

$$T_{conv} = 1.5 + 12.5 = 14 \text{ cycles} = 1 \mu\text{s}$$

Hình 48: Công thức tính thời gian chuyển đổi

- MCU STM32F103C8T6 có *Sampling time max = 1.5 cycles*. Vậy theo công thức ta có $T_{conv} = 1.5 + 12.5 = 14 \text{ cycles}$. Mà tần số xung clock của bộ ADC là **12MHz**. Từ đó ta tính được thời gian chuyển đổi ADC là :

$$T_{conv} = 14 * (1/12M) = 1.17 \mu\text{s} \quad (12)$$

\Rightarrow Thỏa mãn điều kiện $T_s \leq 2.5 \mu\text{s}$.

Vậy thời gian chuyển đổi ADC (T_{conv}) đáp ứng được định lý Nyquist - Shannon về tái tạo tín hiệu.

Khối MCU và khói Menu

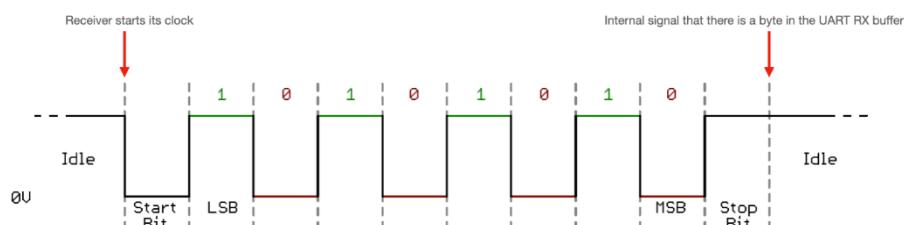
- Khối MCU và khói Menu tương tác với nhau thông qua 2 chế độ đó là **Input Gpio** hoặc **External Interrupt** phụ thuộc vào độ quan trọng của từng nút nhấn.
- **External Interrupt** là cơ chế cho phép MCU phản hồi lại với một sự kiện bên ngoài hoặc một tín hiệu ngắt. Các sự kiện có thể được tạo ra bởi phím cứng, cảm biến, nút nhấn, hoặc là những ngoại vi kết nối với pin của MCU.
- STM32 đưa ra nhiều GPIO pin có thể được cài đặt thành **External Interrupt**. Khi một tín hiệu đến các pin đó (Xung sùơn lên, sùơn xuống, cả hai sùohn), nó sẽ gửi 1 tín hiệu yêu cầu ngắt đến bộ xử lý, khiến vi xử lý dừng tất cả các công việc đang xử lý và ưu tiên xử lý ngắt trước. Ưu điểm của sử dụng ngắt đó chính là MCU sẽ phản ứng khi có 1 sự kiện xảy ra một cách thời gian thực, tránh được những nhược điểm khi sử dụng **Polling** các GPIO.

Khối MCU và khói LCD

- **LCD12864 ST7920** là LCD có độ phân giải 128x64 pixels, MCU có thể giao tiếp với LCD thông qua 2 cách, đó là **8bit parallel** hoặc thông qua giao thức **SPI**. Trong ứng dụng, em sử dụng giao thức **SPI** tại tốc độ 100KHz để giao tiếp với LCD.
- Ta thực hiện theo các bước như sau:
 - + Set chân **CS** lên **HIGH**
 - + Gửi byte **0xF8** qua chân **R/W** kết hợp với **RS**
 - + Gửi byte MSB
 - + Gửi byte LSB
 - + Set chân **CS** xuống **LOW** để kết thúc truyền dữ liệu

Khối MCU và khối USB

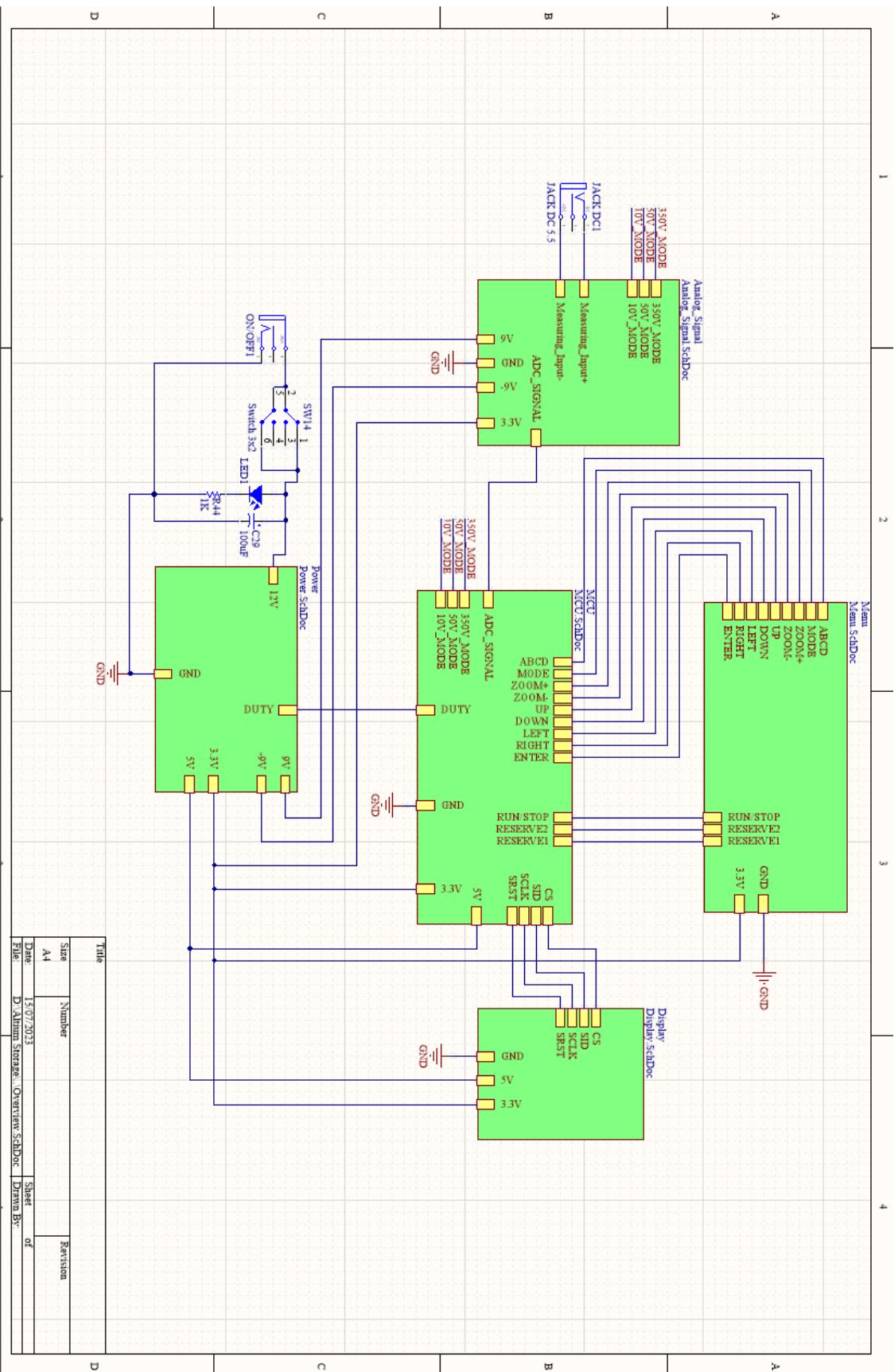
- Khối MCU giao tiếp với khối USB thông qua giao thức Serial (UART), với **Baudrate = 115200 bps**. Sau đó đi qua chip chuyển đổi UART-USB CH340G sẽ cho tín hiệu USB.
- UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter – Bộ truyền nhận dữ liệu không đồng bộ) là một giao thức truyền thông phần cứng dùng giao tiếp nối tiếp không đồng bộ và có thể cấu hình được tốc độ
- Giao thức UART là một giao thức đơn giản và phổ biến, bao gồm hai đường truyền dữ liệu độc lập là TX (truyền) và RX (nhận). Dữ liệu được truyền và nhận qua các đường truyền này dưới dạng các khung dữ liệu (data frame) có cấu trúc chuẩn, với một bit bắt đầu (start bit), một số bit dữ liệu (data bits), một bit kiểm tra chẵn lẻ (parity bit) và một hoặc nhiều bit dừng (stop bit).
- Thông thường, tốc độ truyền của UART được đặt ở một số chuẩn, chẳng hạn như 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 baud và các tốc độ khác. Tốc độ truyền này định nghĩa số lượng bit được truyền qua mỗi giây. Các tốc độ truyền khác nhau thường được sử dụng tùy thuộc vào ứng dụng và hệ thống sử dụng.



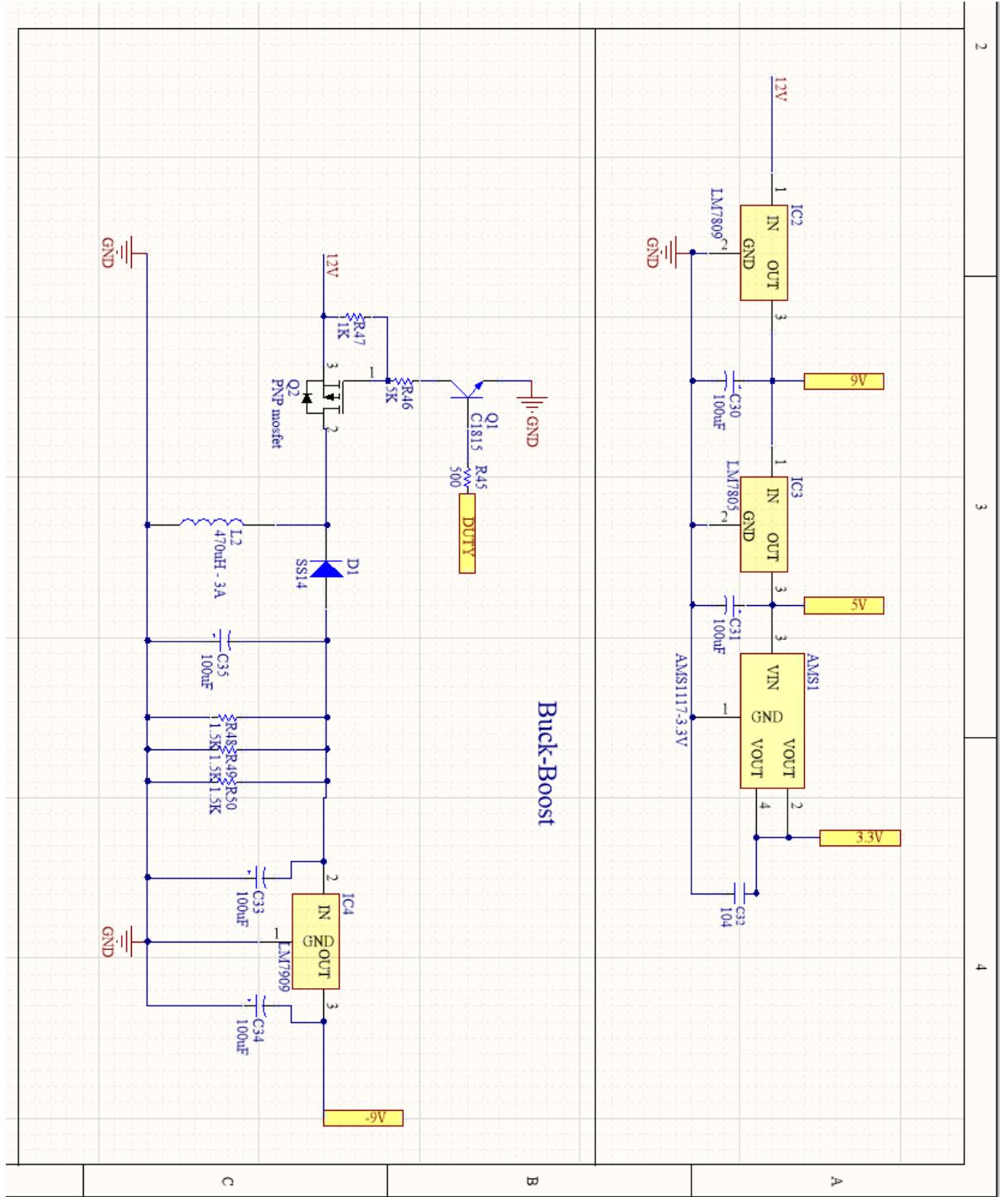
Hình 49: Khung dữ liệu của UART

2.1.7 Toàn bộ thiết kế phần cứng

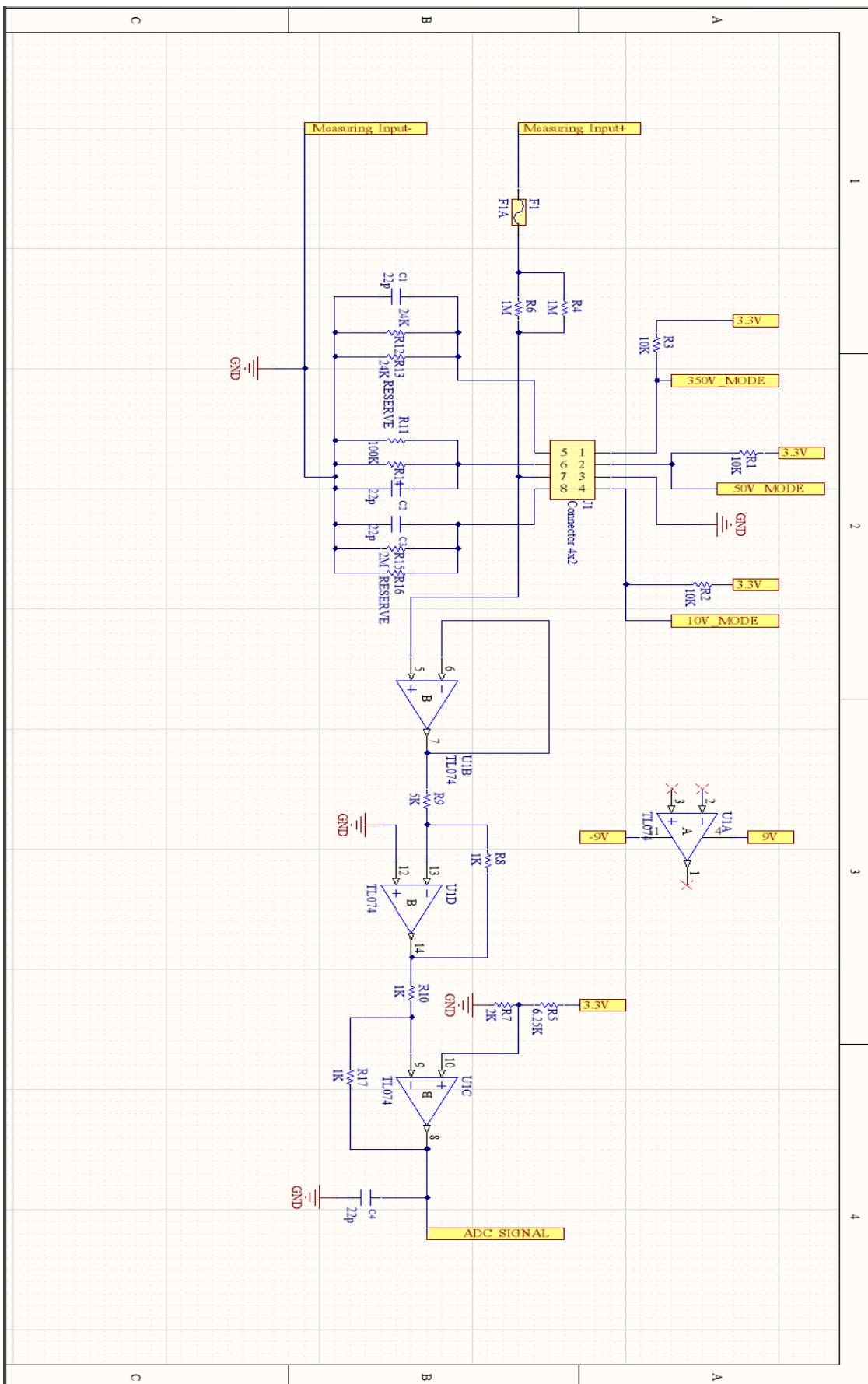
- Dưới đây là toàn bộ những hình ảnh về phần cứng trong thiết kế:



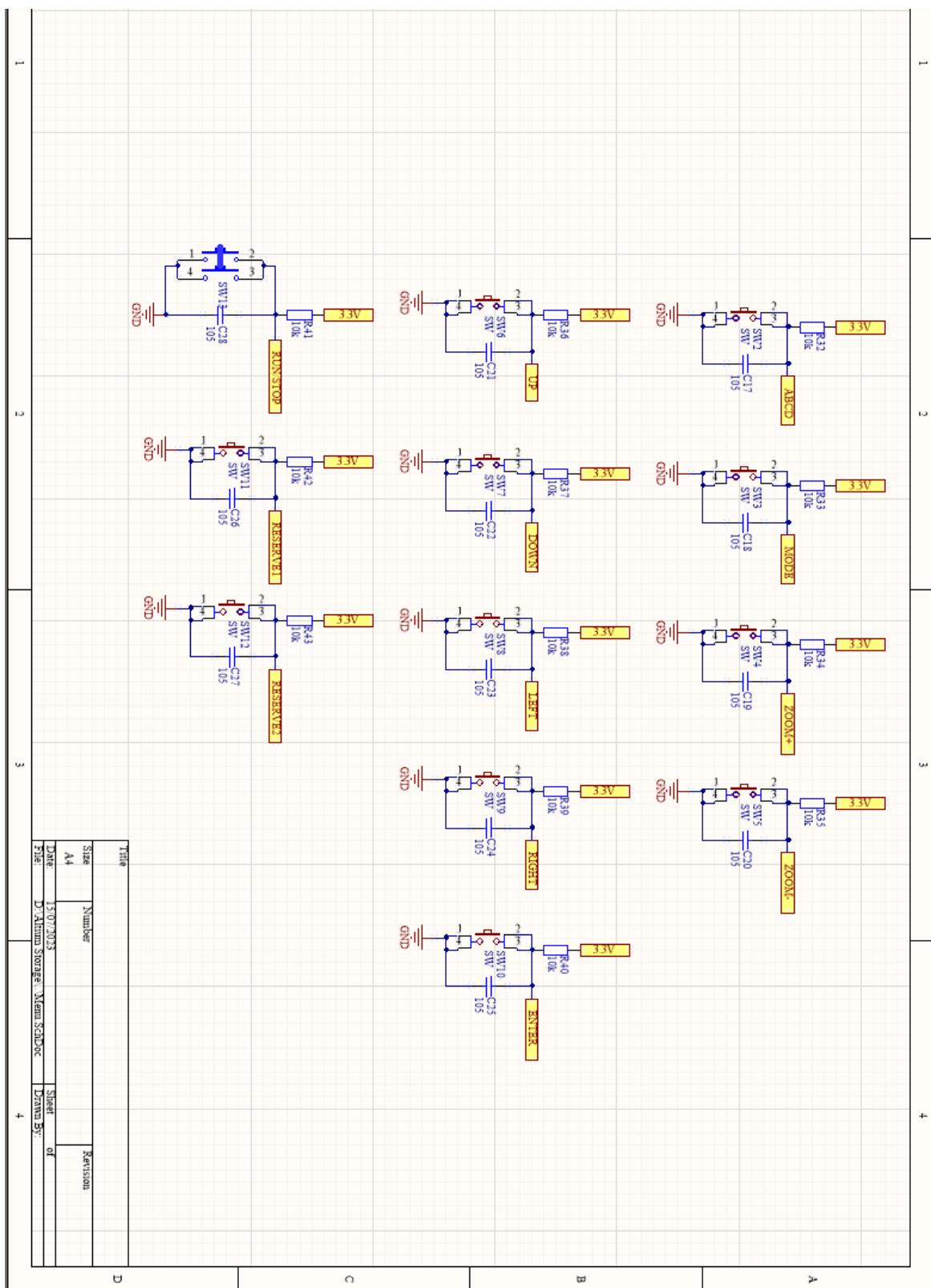
Hình 50: Tóm tắt các khối



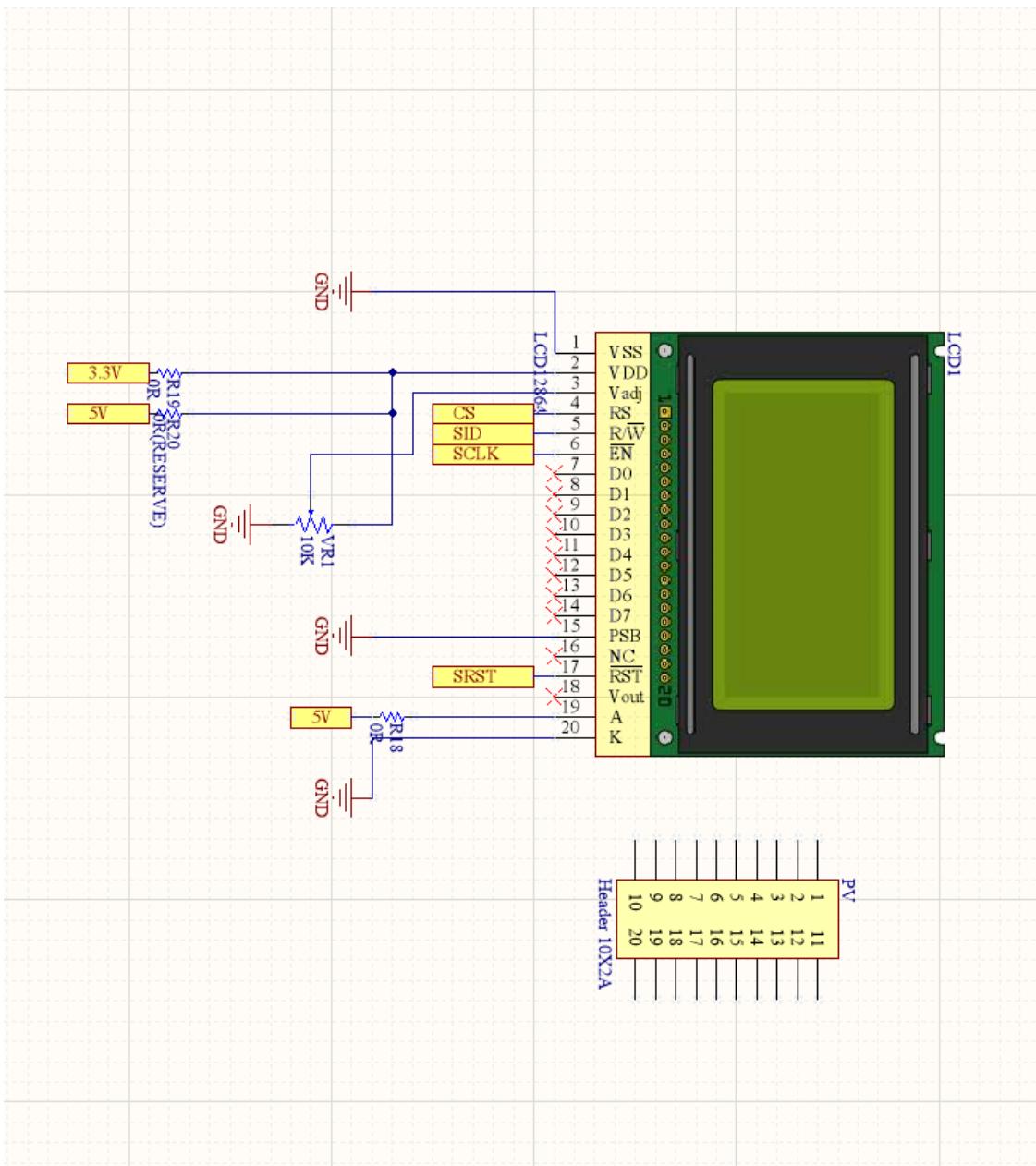
Hình 51: Khối nguồn



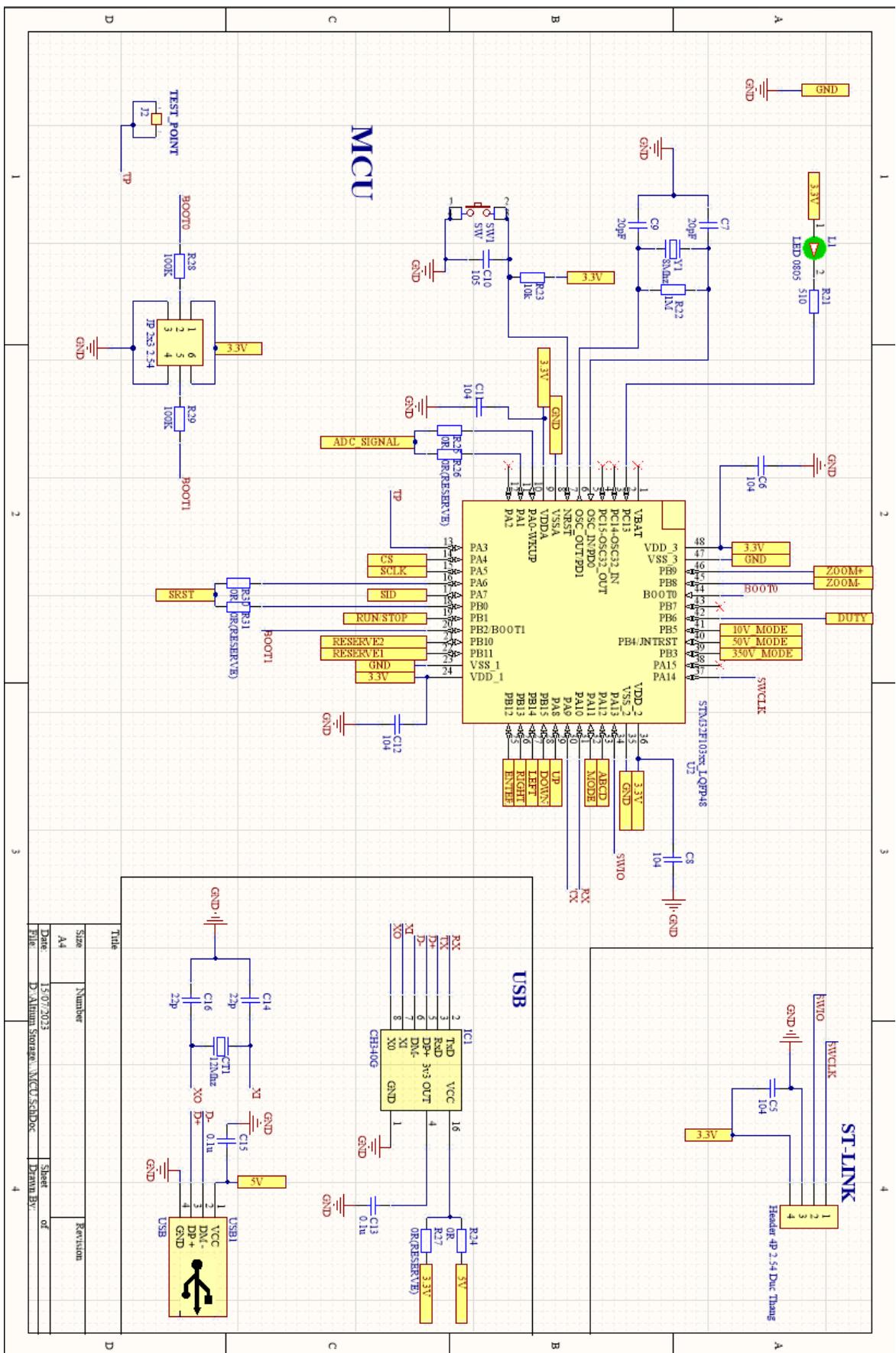
Hình 52: Khối xử lý tín hiệu



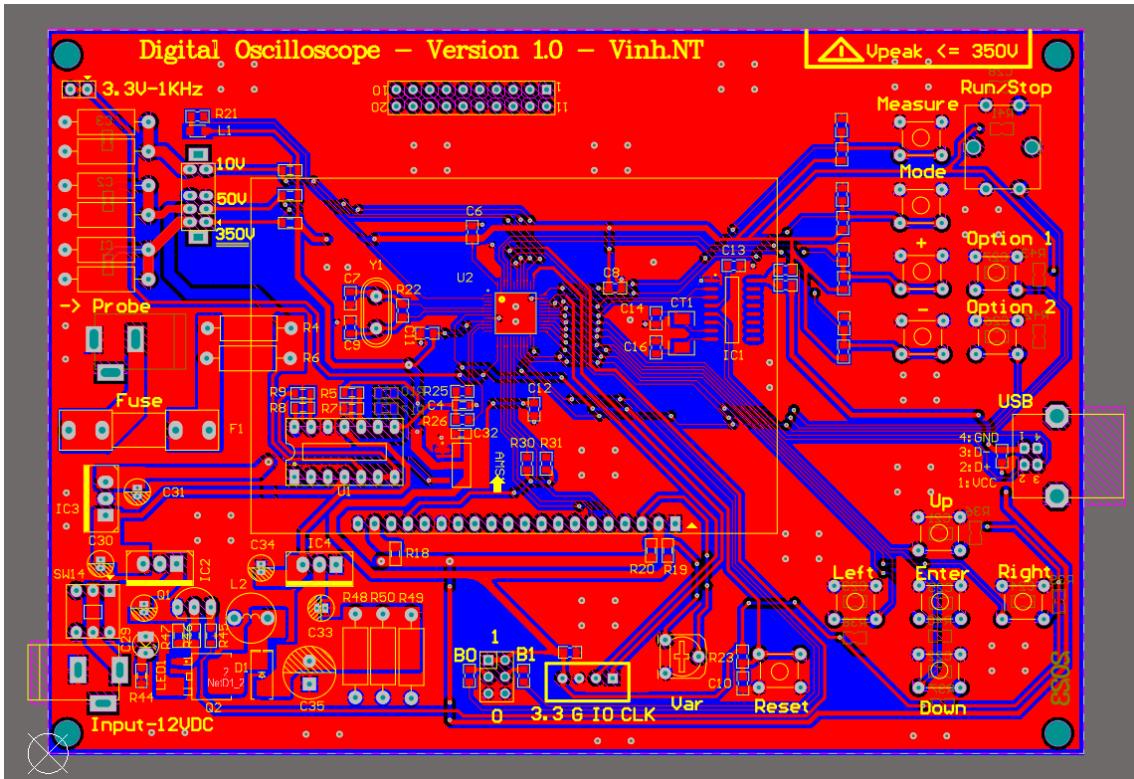
Hình 53: Khối Menu



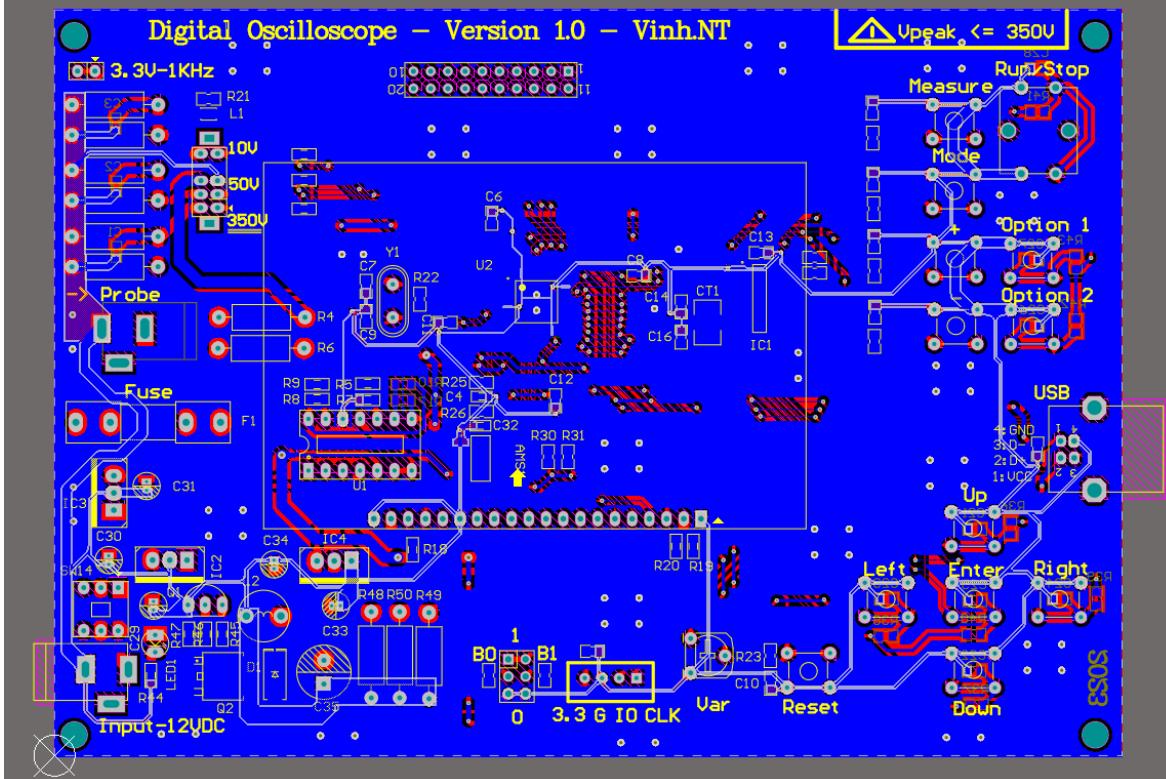
Hình 54: Khởi hiển thị LCD



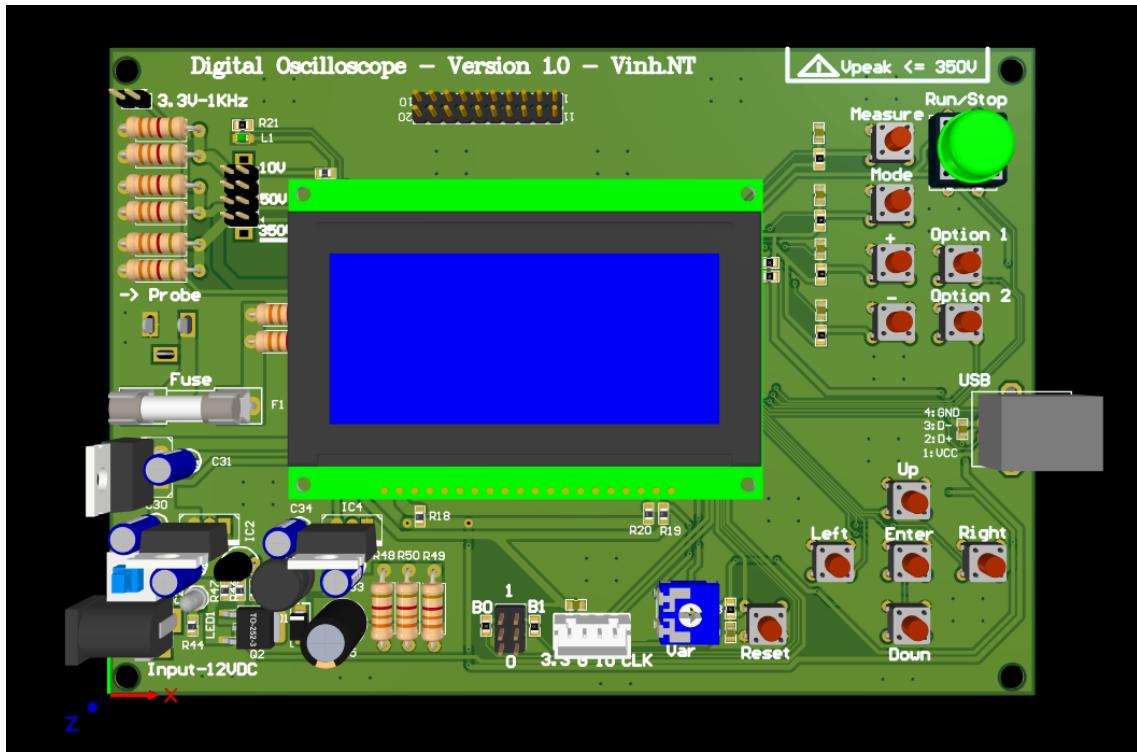
Hình 55: Khởi MCU và USB



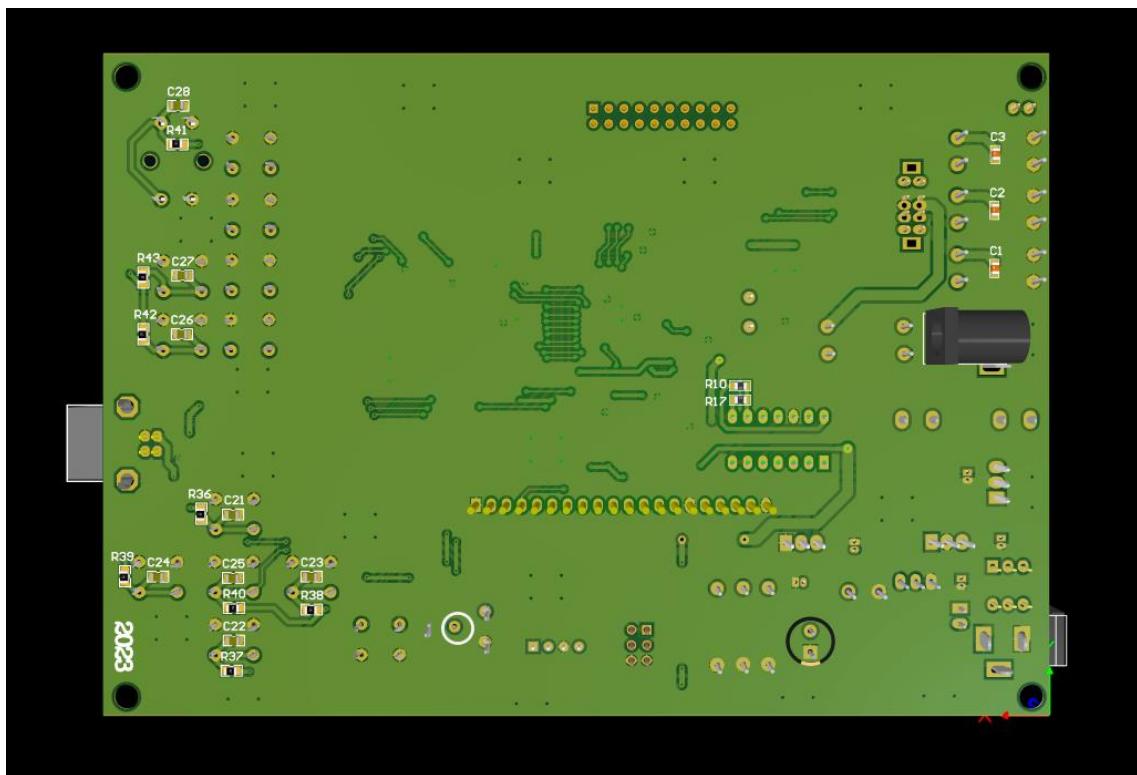
Hình 56: Mặt trên 2D của mạch PCB



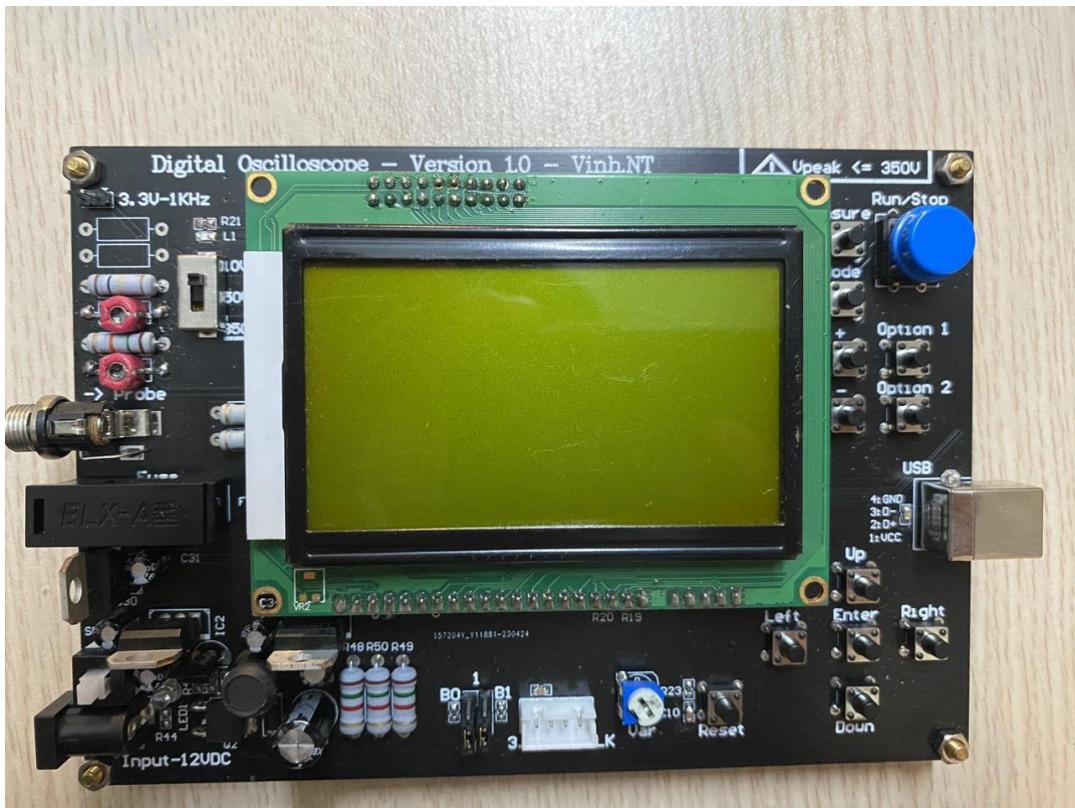
Hình 57: Mặt dưới 2D của mạch PCB



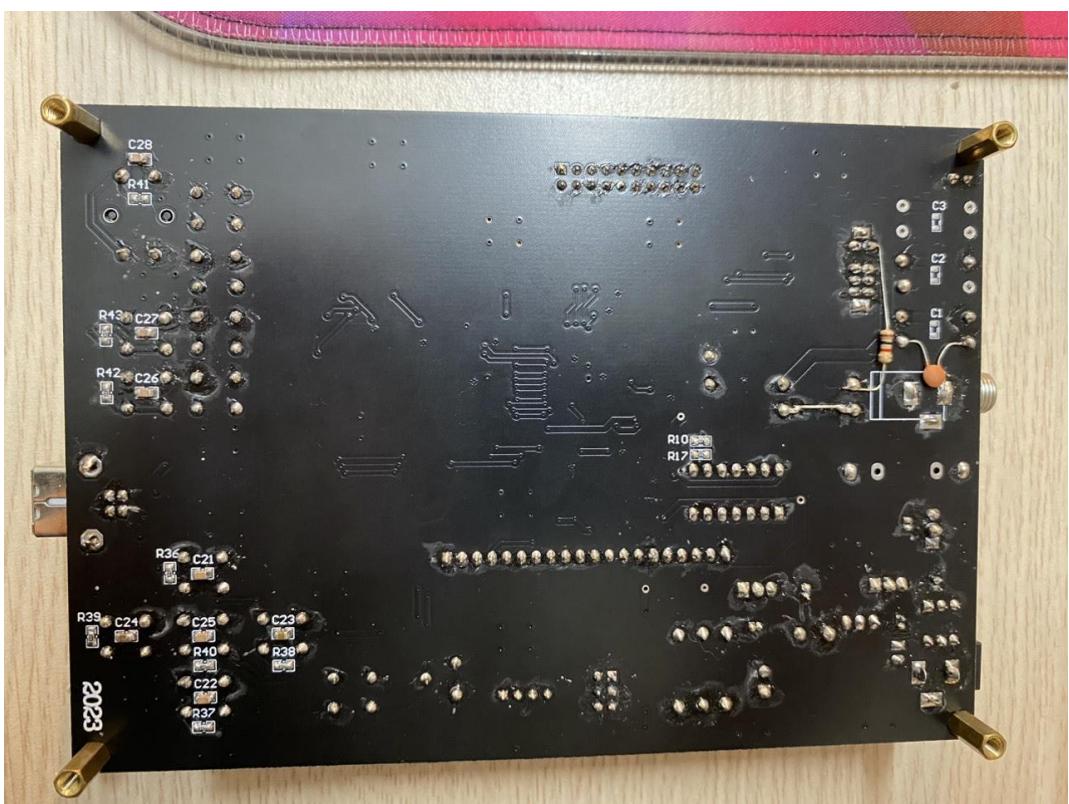
Hình 58: Mặt trên 3D của mạch PCB



Hình 59: Mặt dưới 3D của mạch PCB



Hình 60: Hình ảnh thực tế mặt trên



Hình 61: Hình ảnh thực tế mặt dưới

CHƯƠNG 3. THIẾT KẾ PHẦN MỀM

3.1 Sơ đồ thuật toán tương tác với các khối

- Thiết kế phần mềm cho toàn hệ thống là sự tổng hợp lại thiết kế phần mềm cho từng khối chức năng riêng biệt mà MCU phải đảm nhiệm. Dưới đây là sơ đồ thuật toán của các khối. Sơ đồ thuật toán bao gồm luồng chạy của chương trình một cách tổng thể.

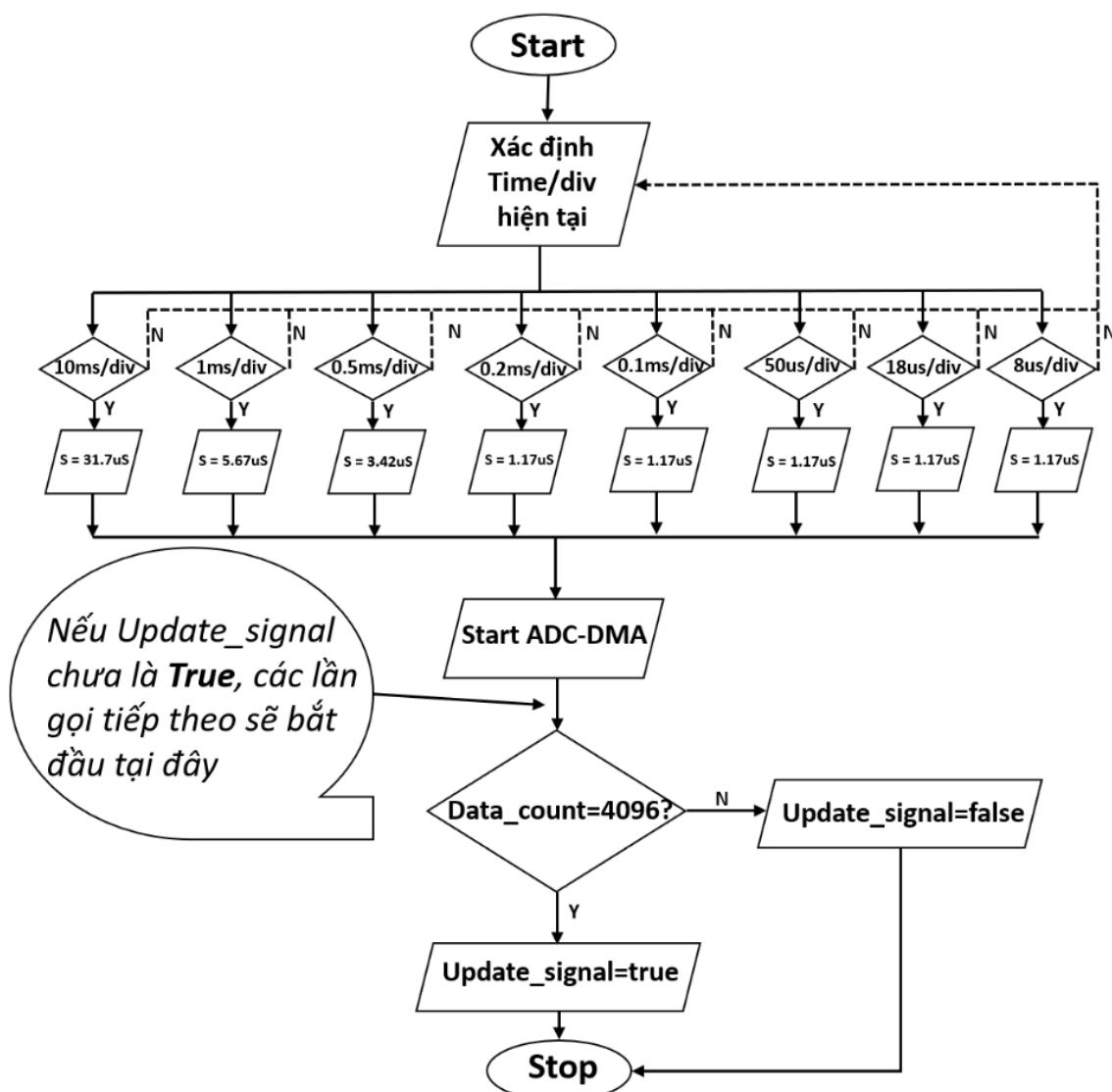
3.1.1 Sơ đồ thuật toán tương tác với khối xử lý tín hiệu

- Chương trình trong phần này chủ yếu xử lý cho ADC-DMA.

**Chú thích:*

- S : Sample rate

ADC-DMA Work flows

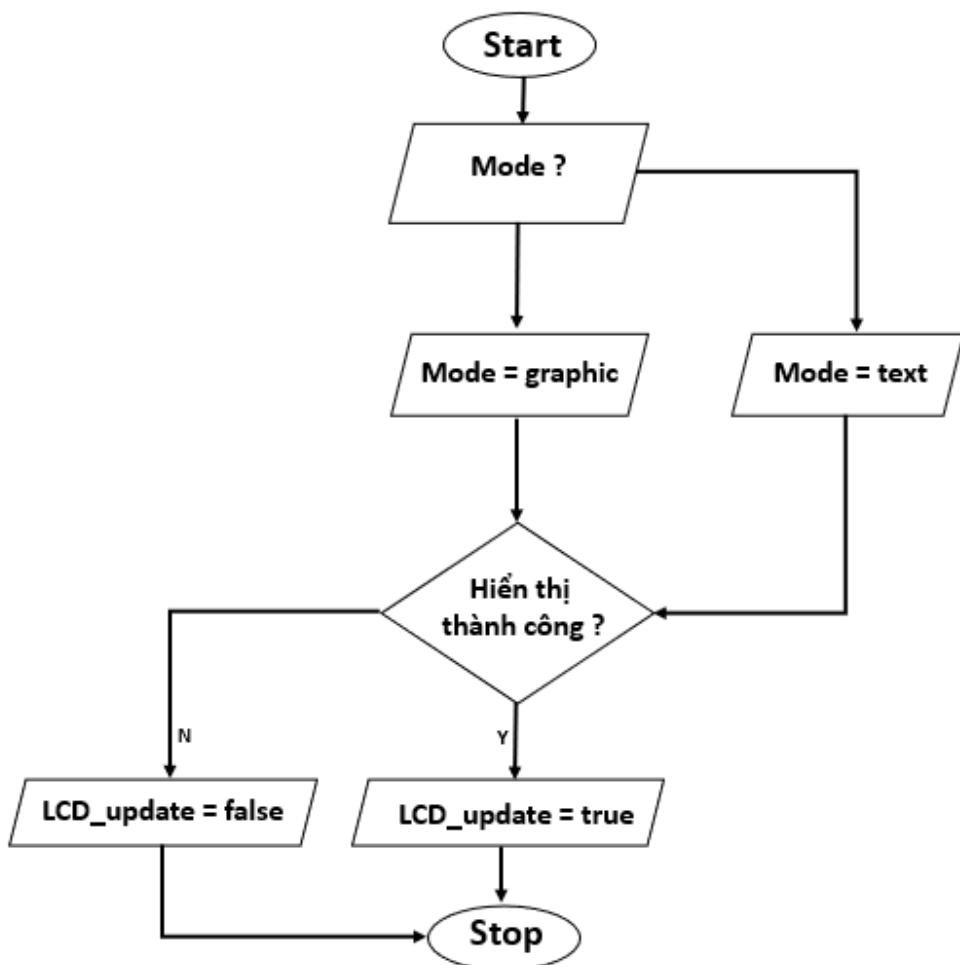


Hình 62: Sơ đồ thuật toán tương tác với khối xử lý tín hiệu

3.1.2 Sơ đồ thuật toán tương tác với khối LCD

- Chương trình trong phần này chủ yếu xử lý cho SPI.

LCD12864 Work flows

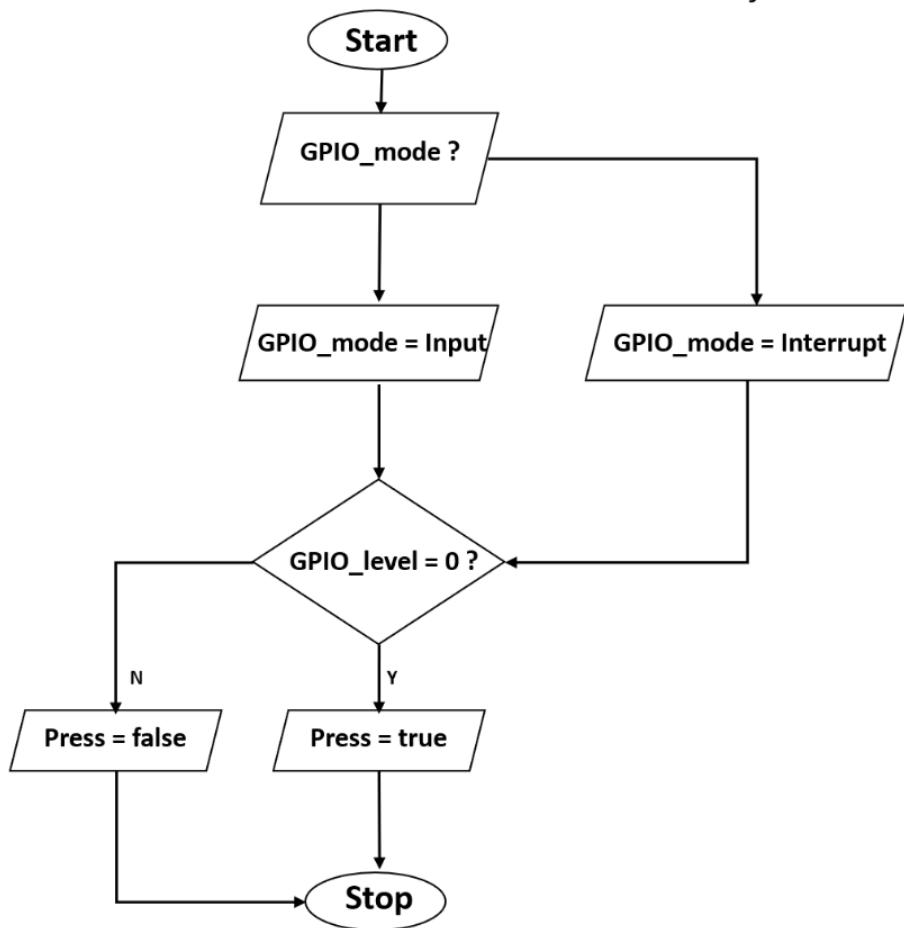


Hình 63: Sơ đồ thuật toán tương tác với khối LCD

3.1.3 Sơ đồ thuật toán tương tác với khối Menu

- Chương trình trong phần này chủ yếu xử lý cho Input gpio – External interrupt.

Menu Work flows



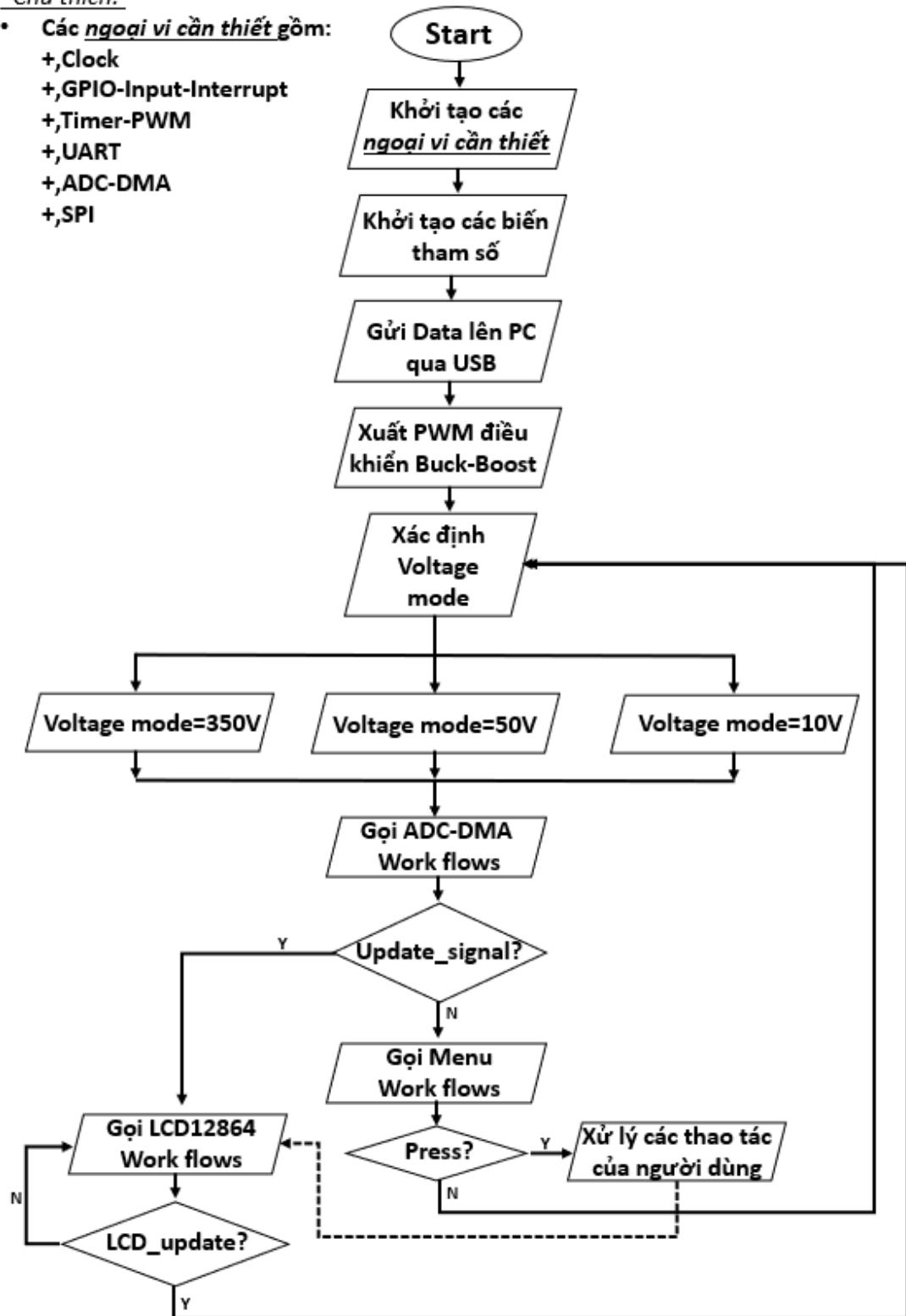
Hình 64: Sơ đồ thuật toán tương tác với khối Menu

3.1.4 Sơ đồ thuật toán của cả hệ thống

- Sơ đồ thuật toán của cả hệ thống là luồng xử lý tất cả các sự kiện, tương tác với tất cả các khối có trong hệ thống.

*Chú thích:

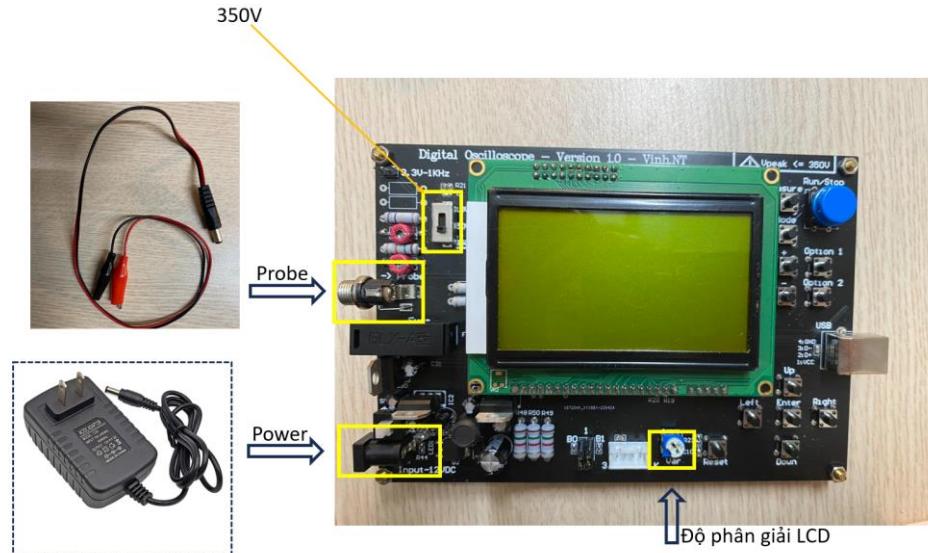
- Các ngoại vi cần thiết gồm:
 - + Clock
 - + GPIO-Input-Interrupt
 - + Timer-PWM
 - + UART
 - + ADC-DMA
 - + SPI



Hình 65: Sơ đồ thuật toán của toàn bộ hệ thống

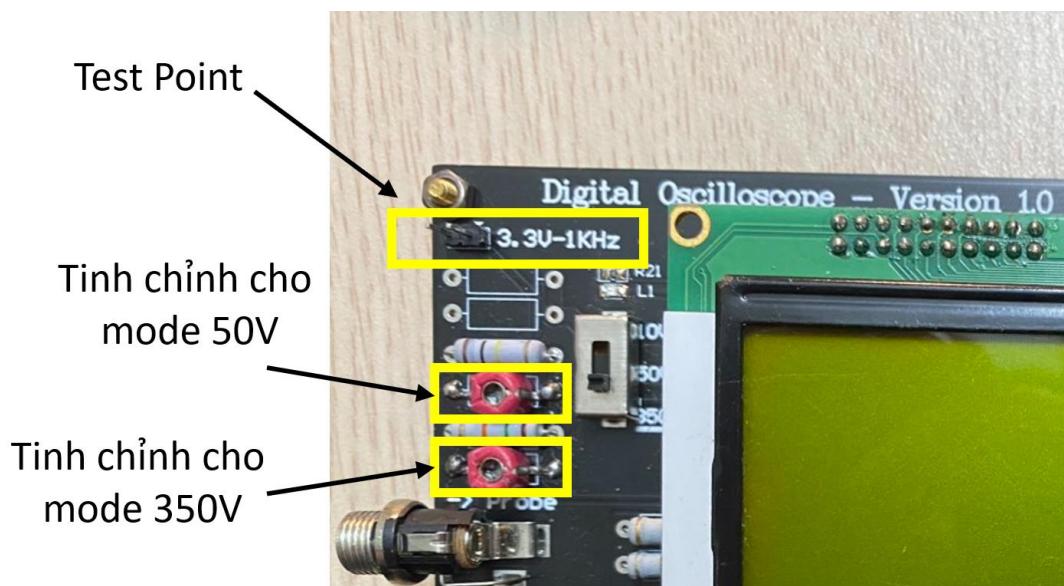
CHƯƠNG 4. HƯỚNG DẪN SỬ DỤNG THIẾT BỊ

4.1 Khởi động



Hình 66: Khởi động thiết bị

- Cắm Adapter 12V và nhấn nút nhấn cạnh đó để cấp nguồn cho thiết bị, dây đo Probe (Đỏ là +, Đen là -) để phục vụ đo tín hiệu.
- Gạt công tắc về chế độ 350V trước khi thực hiện đo (tránh hỏng thiết bị với những tín hiệu có biên độ điện áp cao).
- Điều chỉnh độ phân giải màn hình LCD bằng cách xoay biến trở.



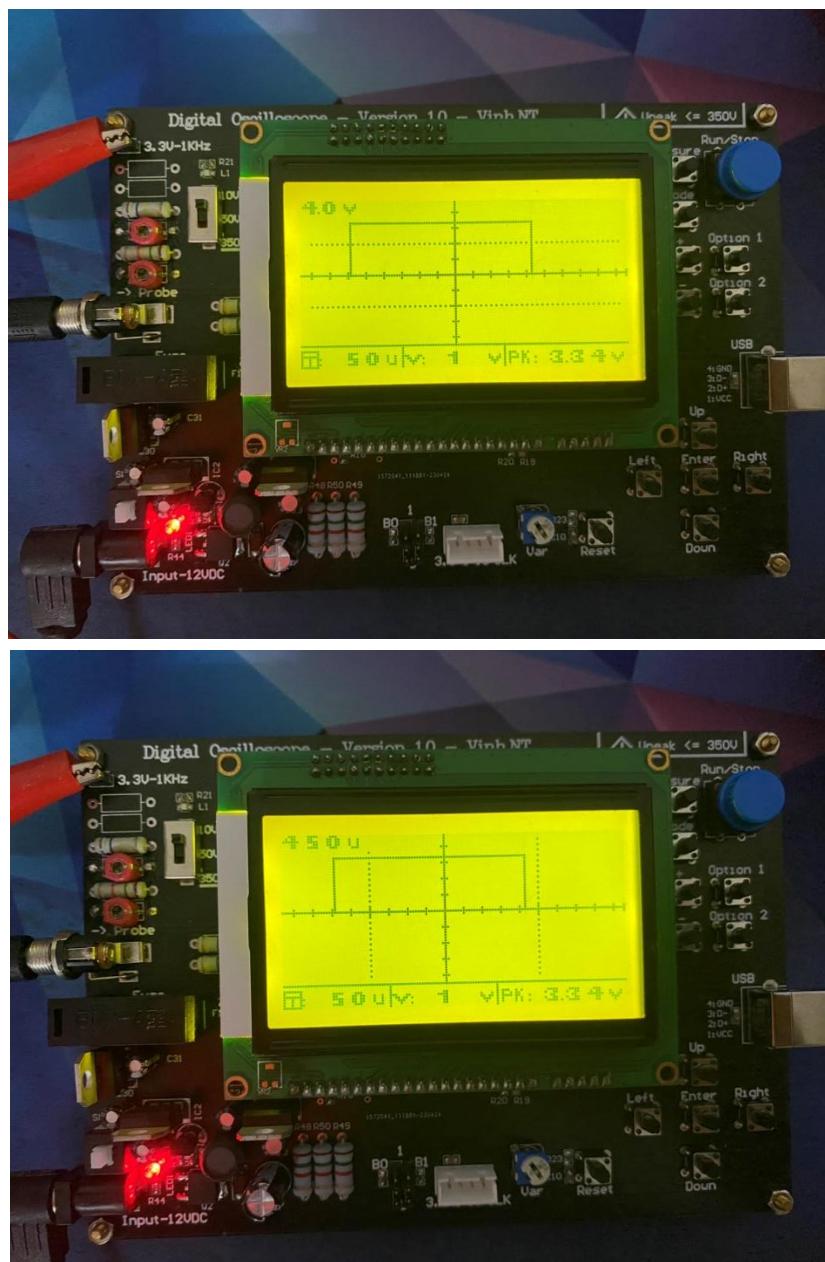
Hình 67: Test point 1KHz – 3.3V và các tụ điện tinh chỉnh

- Tại lần đầu tiên sử dụng thiết bị, ta sử dụng que đo để đo tại điểm **Test-Point** hiệu chỉnh lại độ chính xác của xung, nếu xung bị méo ta sẽ xoay các **biến tần** để tinh chỉnh lại độ chính xác của thiết bị tại cái mode **50V** và **350V**. Riêng mode **10V** không cần tinh chỉnh.

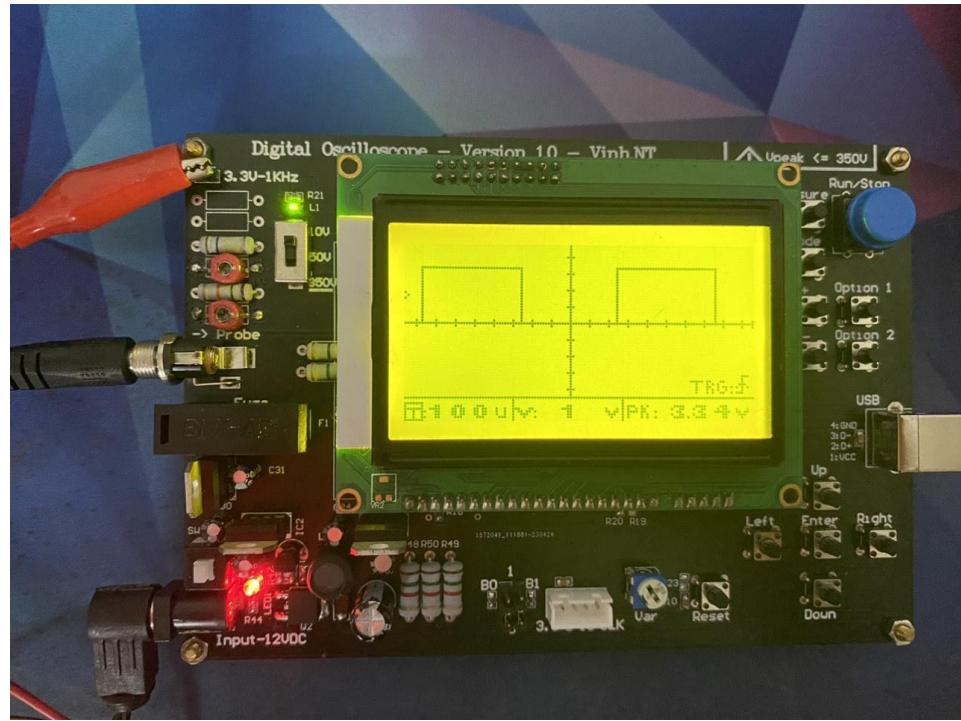
4.2 Các thông tin hiển thị trên màn hình

***Chú ý:** *u* là *Micro*, *m* là *Mili*.

- Các thông tin hiển thị bao gồm:
 - +, T: là thời gian/div
 - +, V: là điện áp/div
 - +, PK: là điện áp Peak
 - + 2 trục nét đứt: là đo khoảng cách điện áp hoặc thời gian.



Hình 68: Thông tin hiển thị cơ bản

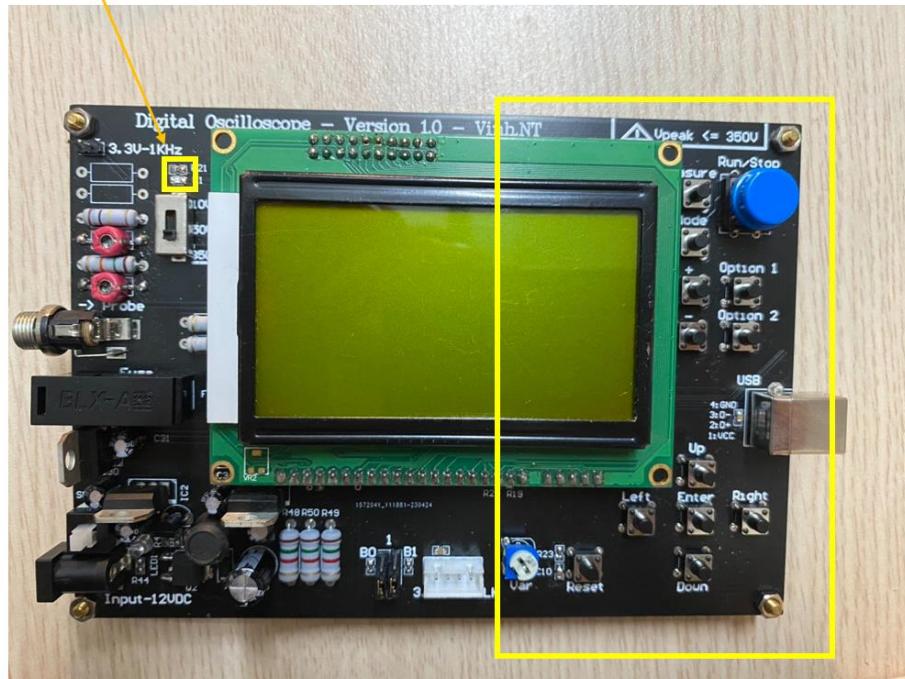


Hình 69: Thông tin trong Triggering Mode

4.3 Sử dụng Menu

Thao tác các nút nhấn để thay đổi các chế độ đo, chi tiết dưới đây:

Led báo trạng thái
RUN/STOP

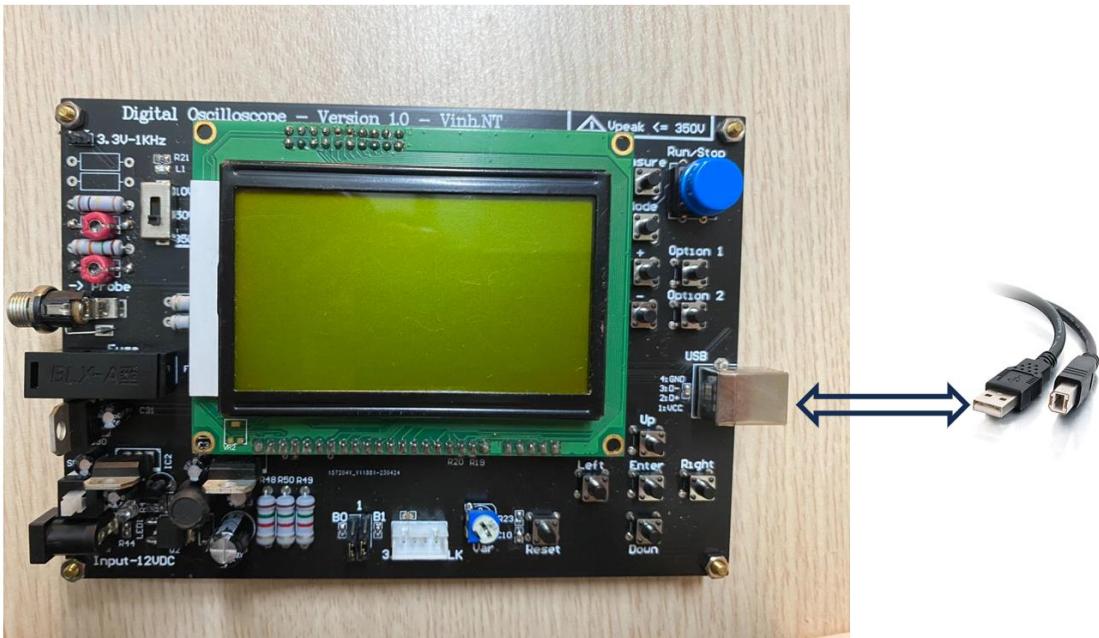


Hình 70: Các nút nhấn Menu và Led trạng thái

- **Run/Stop:** nhấn thêm 1 lần sẽ chuyển chế độ lần lượt giữa **RUN** và **STOP** và quay vòng. Khi ở chế độ **RUN** đèn Led L1 sáng, chế độ **STOP** ngược lại
- **Mesure:** nhấn thêm 1 lần sẽ chuyển chế độ lần lượt giữa ***Không đo***, ***Đo thời gian***, ***Đo điện áp*** và quay vòng.
- **Mode:** nhấn thêm 1 lần sẽ chuyển lần lượt sang chế độ ***Chỉnh mode thời gian*** hoặc ***Chỉnh mode điện áp*** và quay vòng.
- **Nút +:** nhấn thêm 1 lần **Vol/Div** hoặc **Time/Div** sẽ tăng tùy vào **Mode**.
- **Nút -:** nhấn thêm 1 lần **Vol/Div** hoặc **Time/Div** sẽ giảm tùy vào **Mode**.
- **Up:**
 - +, Nhấn thêm 1 lần để dịch toàn bộ tín hiệu lên cao trong chế độ ***Không đo***.
 - +, Dịch trực đo điện áp lên cao trong chế độ ***Đo điện áp***.
 - +, Dịch trực Trigger lên cao trong chế độ ***Triggering***.
- **Down:**
 - +, Nhấn thêm 1 lần để dịch toàn bộ tín hiệu xuống thấp trong chế độ ***Không đo***.
 - +, Dịch trực đo điện áp xuống thấp trong chế độ ***Đo điện áp***.
 - +, Dịch trực Trigger xuống thấp trong chế độ ***Triggering***.
- **Right:**
 - +, Nhấn thêm 1 lần để dịch toàn bộ tín hiệu sang phải trong chế độ ***Không đo***.
 - +, Dịch trực đo thời gian sang phải trong chế độ ***Đo thời gian***.
- **Left:**
 - +, Nhấn thêm 1 lần để dịch toàn bộ tín hiệu sang trái trong chế độ ***Không đo***.
 - +, Dịch trực đo thời gian sang trái trong chế độ ***Đo thời gian***.
- **Enter:**
 - +, Nhấn thêm 1 lần để chuyển trực đo trong chế độ ***Đo thời gian*** theo thứ tự lần lượt ***không trực, trực trái, trực phải, cả hai trực*** và quay vòng.
 - +, Nhấn thêm 1 lần để chuyển trực đo trong chế độ ***Đo điện áp*** theo thứ tự lần lượt ***không trực, trực trên, trực dưới, cả hai trực*** và quay vòng.
- **Option1:** Nhấn thêm 1 nút để vào chế độ ***Triggering*** lần lượt là ***Rising Edge, Falling Edge, Thoát Triggering*** và quay vòng.
- **Option2:** Dự phòng.
- **Reset:** Reset lại thiết bị.

4.4 Sử dụng USB

- Sử dụng dây USB Type-B để xuất dữ liệu ra ngoài phục vụ truyền thông tin hoặc Debug. Trong chế độ Debug, **Baudrate = 115200**.

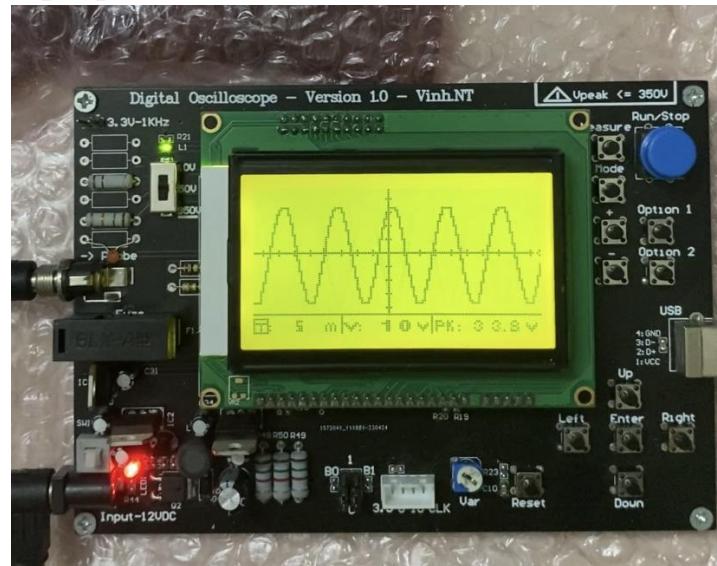


Hình 71: Kết nối USB

CHƯƠNG 5. KẾT QUẢ ĐẠT ĐƯỢC VÀ ĐÁNH GIÁ

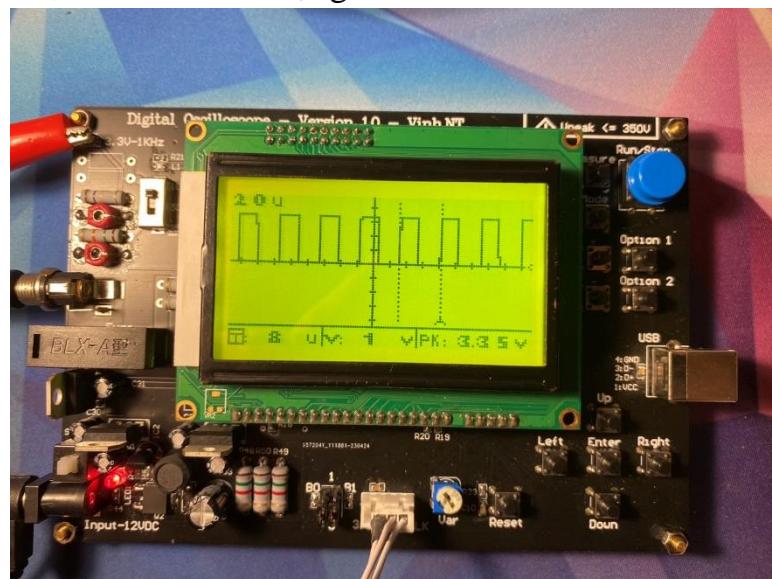
5.1 Kết quả đạt được

- Trải qua quá trình thực hiện, em đã đạt được những kết quả đã vạch ra như yêu cầu ban đầu, chi tiết như sau:
 - +, Đo được các tín hiệu dạng sóng bất kỳ (xung vuông, tam giác, sine,...), nằm trong dải điện áp tương ứng, với sai số nằm trong phạm vi cho phép.

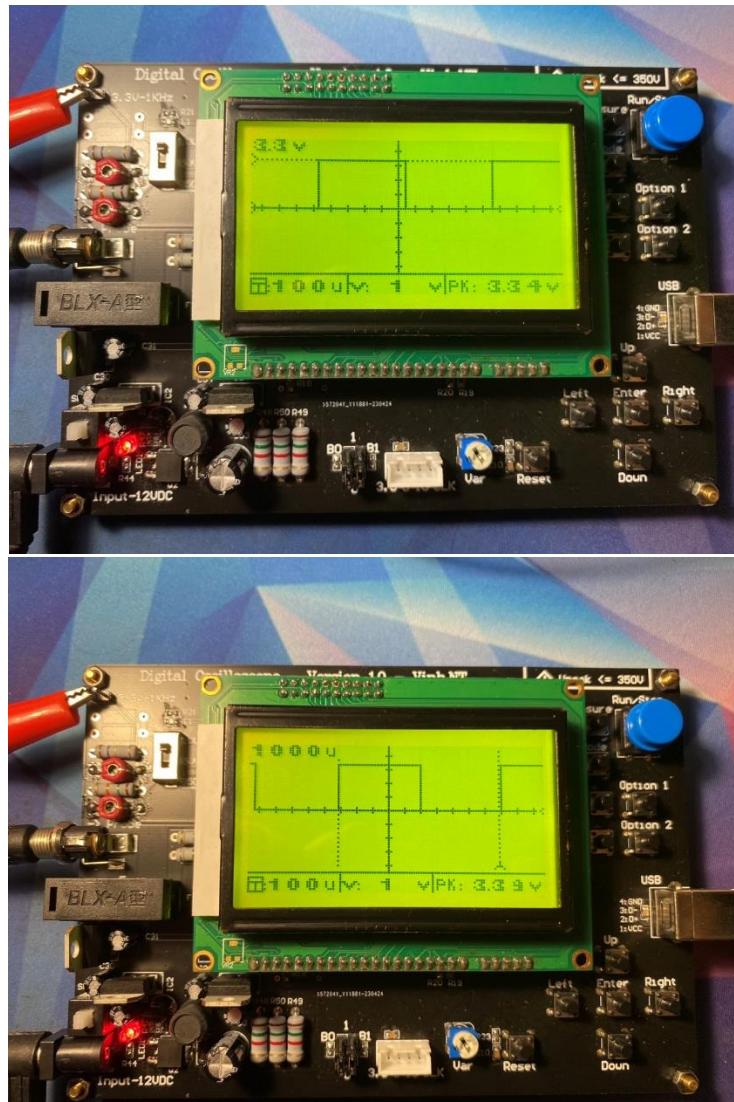


Hình 72: Tín hiệu Sin 24VAC từ biến áp (220VAC-24VDC)

- +, Thiết bị chạy ổn định, không sinh nhiệt lớn, điện áp nguồn cấp thấp, an toàn cho người sử dụng.
- +,. Giá thành thiết bị thấp nếu thực hiện sản xuất trên số lượng lớn.
- +,. Thiết bị đo được tần số tối đa **200KHz**, tín hiệu sau xử lý không bị méo, dốc, biến đổi hình dạng.

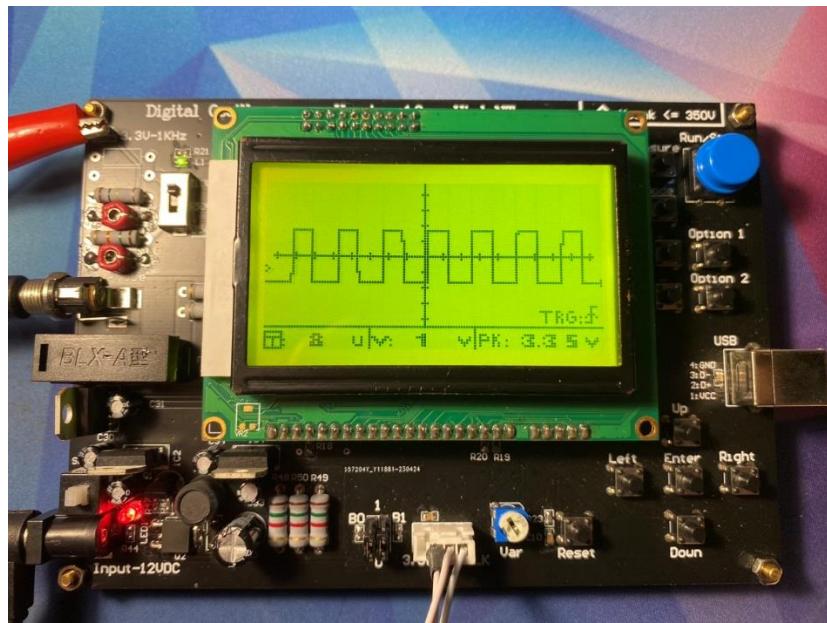


Hình 73: Tín hiệu xung vuông 50KHz-3.3V từ Test-Point



Hình 74: Tín hiệu xung vuông 1KHz-3.3V từ Test-Point

- +, Thiết bị ghi lại tín hiệu tối đa 4096 điểm lấy mẫu, chiều dài của tín hiệu lớn.
- +, Chế độ **Run/Stop** hoạt động ổn định.
- +, Chế độ **Measure** hoạt động ổn định.
- +, Chế độ **Triggering** hoạt động ổn định, bắt được các sự kiện xung sùơn lên, sùohn xuống.



Hình 75: Tín hiệu được Trigger bằng xung sườn lên

- + Các chế độ như **Thu**, **Phóng** hoạt động ổn định, đúng chức năng.
- + Các chế độ như **Dịch trái**, **Dịch phải**, **Dịch trên**, **Dịch dưới** tín hiệu đều hoạt động ổn định, đúng chức năng.
- + Đã xuất được dữ liệu lên PC thông qua USB.

5.2 Đánh giá

5.2.1 Độ chính xác của thiết bị

- Độ chính xác của thiết bị được định nghĩa dùng để kiểm tra sự khác biệt giữa giá trị đọc và giá trị thực cho một đại lượng được đo trong các điều kiện tham chiếu. Độ chính xác được đảm bảo được chỉ định theo định dạng như sau: ($\pm xx\%$) hoặc ($\pm yy$).
- $\pm xx\%$ là chỉ tỷ lệ lỗi phần trăm liên quan đến việc đọc, tỷ lệ với đầu vào.
- $\pm yy$ biểu thị phần số, được biết đến là hằng số bát kẽ đầu vào.
- Ví dụ: Digital Oscilloscope có độ chính xác điện áp là $\pm 0.1V$. Vậy giả sử điện áp thực tế là **10V** thì ta sẽ đo được giá trị là **9.9V** đến **10.1V**.
- Tuy nhiên, độ chính xác cơ bản không tính đến hoạt động bên trong của ADC và các mạch xử lý tín hiệu tương tự, sai số của linh kiện, nhiệt độ tác động lên chất lượng linh kiện.... Tùy theo chức năng mà các mạch này và ADC có sai số, giá trị offset khác nhau.
 \Rightarrow Vậy em sẽ tính độ chính xác của thiết bị chỉ dựa trên các sai số xử lý trong thuật toán khi thiết kế phần mềm, không xét đến các sai số của các linh kiện, ADC, ...

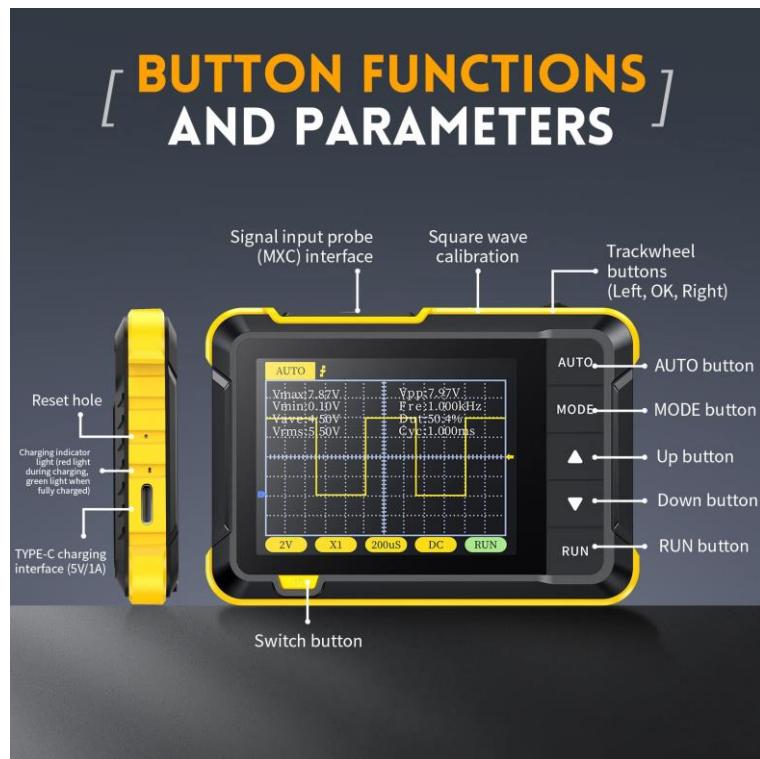
- Bắt đầu bằng một ví dụ, Digital Oscilloscope lấy mẫu tối đa là 4096 mẫu dữ liệu, với **tốc độ lấy mẫu(Sample rate) = $1.17\mu S$** . Khi **Time/Div = $8\mu S$** (là Time/Div nhỏ nhất).
 - +, **$1 \text{ Time/Div} = 8\mu S$** được biểu diễn bởi **7 pixels**, trong khi **(Sample rate)*7 = $8.19\mu S$** , cho nên khi một tín hiệu hiển thị là **$8\mu S$** thì giá trị thực tế có thể sẽ là **$8.19\mu S$** . Từ đó ta kết luận được sai số của phép đo sẽ là **$0.19/8 = 2.4\%$** .
 - + Tương tự áp dụng đối với các **Time/Div** lớn hơn, một số sẽ có **Sample rate lớn hơn** nhưng sai số đã tính không vượt quá **3%**.
- Với hiển thị điện áp, mỗi **Vol/Div** được tạo bởi **6 pixels**, và hiển thị sẽ được làm tròn lên nếu $\geq 0.5 \text{ pixel}$, xuống khi $< 0.5 \text{ pixel}$, vậy sai số điện áp tối đa của thiết bị sẽ là **0.5 pixel** hay tính bằng **$(Vol/Div)/12$** . Ví dụ: **Vol/Div = $10V$** nên ta có **$1 \text{ pixel} = 1.66V$** . Độ chính xác sẽ bằng $\pm 1.66/2V = \pm 0.83V$.
 - \Rightarrow Vậy tóm lại, độ chính xác về thời gian của thiết bị là: $\pm 3\%$, về điện áp là: $\pm (Vol/Div)/12V$.

5.2.2 Giá thành sản phẩm

- Adapter 12V: 30.000 VNĐ
- Dây USB và Probe: 20.000 VNĐ
- MCU: 50.000VNĐ
- LCD: 150.000VNĐ
- Mạch và các linh kiện khác: 80.000 VNĐ
 - \Rightarrow **Tổng giá thành/1 sản phẩm : 330.000VNĐ**

- So sánh với 1 thiết bị tương đương trên thị trường:
- Tên thiết bị: **FNIRSI DSO152 Oscilloscope**
- Tần số lấy mẫu (Sample rate): 2.5MS/s
- Bandwidth (Bandwidth): 200KHz
- Điện áp max : 400V
- Màn hình: 2.8' TFT

Giá sản phẩm: 37\$ ~ 850.000VNĐ



Hình 76: FNIRSI DSO152 Oscilloscope

Kết luận: Giá thành sản phẩm thấp hơn so với những thiết bị tương đương trên thị trường.

5.2.3 Đánh giá tổng kết

Dựa trên các kết quả thực tế đạt được, em có thể đưa ra đánh giá cho thiết bị như sau:

- Thiết bị phục vụ được những ứng dụng đo lường cơ bản, ở tần số của tín hiệu thấp (<200KHz).
- Các chức năng của thiết bị dễ dàng sử dụng, thao tác.
- Thiết bị chạy ổn định.
- Cách hiển thị và các chức năng của thiết bị tương đối giống với các thiết bị Oscilloscope ngoài thị trường.
- Có cầu chì bảo vệ khi có sự cố.
- Thiết bị chạy không phát nhiệt.

Ngoài ra còn có những nhược điểm cần khắc phục:

- Khó khăn trong thiết kế vỏ của thiết bị sao cho người dùng dễ dàng tương tác.
- Màn hình độ phân giải thấp.
- MCU tốc độ thấp dẫn tới bị giới hạn về tốc độ đo.

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN ĐỀ TÀI

Sau khi thực hiện đề tài “Thiết kế thiết bị đo sóng điện tử Digital Oscilloscope”, em đã đạt được những kết quả như sau:

- Học được cách thiết kế một thiết bị đo thực tế, một hệ thống nhúng, tư duy thiết kế sản phẩm.
- Biết được những phương pháp xử lý tín hiệu tần số cao, những vấn đề hay gặp phải.
- Có một công cụ hữu hiệu giúp ích cho công việc.
- Nắm được quy trình thiết kế một chương trình phần mềm.
- Biết cách tối ưu nguyên hiệu quả cho một vi điều khiển, cùng với đó là các kiến thức về cách tự biên dịch một file thực thi từ Compiler, Linker, Starup file, Scatter file, Makefile,... không cần sự trợ giúp từ IDE có sẵn.
- Nâng cao khả năng thiết kế phần cứng, vẽ mạch PCB, ứng dụng các mạch điện tử công suất vào đề tài.
- Được củng cố các kiến thức chuyên ngành đã được học trong những năm học, vận dụng các lý thuyết, nguyên lý cơ sở vào thực tiễn.
- Sử dụng thuận thực hơn những công cụ hỗ trợ thiết kế mạch, mô phỏng,...

Các yêu cầu đặt ra trước khi thực hiện đề tài đều đã được hoàn thành, tuy nhiên do thời gian thực hiện đề tài có hạn, cùng với một số khó khăn về điều kiện không cho phép, cho nên vẫn còn tồn đọng một số những vấn đề cần được tối ưu, sau đây là hướng phát triển của đề tài:

- Mở rộng số kênh đo của thiết bị từ 1 kênh thành có 2 kênh trở lên.
- Sử dụng MCU có tần số và sức mạnh xử lý lớn hơn sẽ giúp đo được tín hiệu có tần số cao hơn.
- Tối ưu sử dụng phương pháp tính toán Fixed-Point thay thế tính toán dựa trên Floating-Point để giảm thời gian tính toán của MCU.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Võ Minh Chính, Phạm Quốc Hải, Trần Trọng Minh, Điện tử công suất, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2005.
- [2] P. M. Hà, Kỹ thuật mạch điện tử, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2006.
- [3] ADI, "Oscilloscope probes for accurate signal measurement," [Online]. Available: <https://scienceprog.com/oscilloscope-probes-for-accurate-signal-measurements>. [Accessed 10 5 2023].
- [4] T. Instruments, "TL08xx FET-Input Operational Amplifiers datasheet (Rev. M)," 2021.
- [5] KEYSIGHT, "Attenuators and Preamps," [Online]. Available: <https://learn.keysight.com/oscilloscope-front-end-design-basics/lesson-3-attenuators-and-preamps>. [Accessed 10 5 2023].
- [6] KEYSIGHT, "Filters, Impedances and Comparators," [Online]. Available: <https://learn.keysight.com/oscilloscope-front-end-design-basics/lesson-4-filters-impedances-and-comparators>. [Accessed 10 5 2023].
- [7] Microcontrollerslab, "Microcontroller Memory Organization and Types," [Online]. Available: <https://microcontrollerslab.com/microcontroller-memory-organization-types-memory-segments/>. [Accessed 23 5 2023].
- [8] STMicroelectronics, "RM0008 Reference manual," 2021.
- [9] STMicroelectronics, "STM32F103x8 Datasheet," 2015.
- [10] Controllerstech, "GLCD 128x64 ST7920 interfacing with STM32," [Online]. Available: <https://controllerstech.com/glcd-128x64-st7920-interfacing-with-stm32/>. [Accessed 25 5 2023].
- [11] Colby, "A Simple Makefile Tutorial," [Online]. Available: <https://www.cs.colby.edu/maxwell/courses/tutorials/maketutor/>. [Accessed 2 6 2023].
- [12] ARM Developer, "ARM Compiler armlink User Guide Version 6.8," [Online]. Available: <https://developer.arm.com/documentation/100070/0608/scatter-file-syntax>. [Accessed 2 6 2023].

