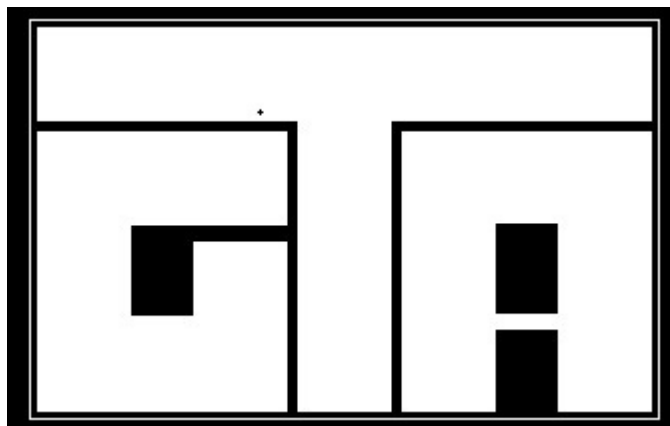


UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
Documentação Projeto GTA Aprendizagem
Baseada em Projetos – PBLE01



Gustavo Dias de Almeida - 2018009850

Talisson Labanca Leal - 2018015731

Adilson José Duque Júnior - 2018000828

ITAJUBÁ, MG

2020

1.INTRODUÇÃO

Para o desenvolvimento da disciplina de aprendizagem baseada em projetos – PBLE01 foi definido que os alunos da turma deveriam se organizar em grupos de até 3 integrantes para projetar o produto de uma placa de circuito impresso. O produto deveria cumprir alguns requisitos básicos como empregar o microcontrolador PIC32MM0064GPM048-I/PT, ser dimensionado em uma placa de até 10x10 cm² e apresentar funcionalidades específicas como; possuir um botão de reset, a presença de um conector para LCD 16x2, empregar comunicação USB, um teclado de 5 teclas desenvolvido por chaves tácteis entre outras. Ao decorrer da disciplina as equipes deveriam se organizar para pesquisar e implementar o projeto com todas suas funcionalidades por meio do software KiCad, o professor atuaria como uma espécie de “gerente” da seção de desenvolvimento de uma empresa, exigindo ao longo das semanas que as equipes entregassem as parcelas estipuladas de acordo com o prazo pré-definido, isso tudo no intuito de proporcionar aos alunos na medida do possível a experiência de como seria trabalhar em uma empresa real do mercado de trabalho.

2.ESQUEMÁTICO

● Requisitos:

Para o desenvolvimento do projeto foram definidos alguns quesitos de especificações e de componentes que deveriam ser respeitados ao longo das entregas.

-Especificações do microcontrolador:

1. Empregar o microcontrolador PIC32MM0064GPM048-I/PT;
2. Operar com clock interno;
3. Possuir quatro diodos emissores de luz para sinalizações diversas;
4. Possuir um botão de reinício do microcontrolador por meio de uma chave tátil de quatro terminais e do tipo normalmente aberta;;
5. Possuir uma barra de pinos de programação para o padrão ICSP de 6 pinos (para gravar o microcontrolador).

-Especificações de alimentação:

1. Empregar um conector do tipo jack J4 com diâmetro interno de 2.1mm e pino central positivo;
2. Suportar tensão de entrada na faixa de 7 a 12V em corrente contínua;
3. Empregar proteção contra tensão reversa por meio de um diodo retificador schottky;
4. Empregar um regulador linear com saída de 5V;
5. Empregar um regulador linear com saída de 3.3V;
6. Possuir um diodo emissor de luz para sinalizar a presença de alimentação;

-Especificações de comunicação:

1. Empregar um conversor USB-serial devidamente integrado ao periférico de comunicação UART do microcontrolador. Utilizar a configuração auto alimentada para energizar o conversor.
 - a. Preparar a placa para montar o MCP2200-I/SO;
 - b. Fornecer os pinos de TX e RX na borda da placa.
2. Colocar uma segunda conexão USB utilizando a USB nativa do chip.

-Especificações de periféricos:

1. Possuir uma barra de conexão para um LCD de 16x2 pontos compatível com o dispositivo JHD162A. Tal barra deve contemplar somente os pinos relacionados à alimentação e à comunicação com o dispositivo por meio do modo de 4 bits. O pino relativo à funcionalidade de luz de fundo do visor não deve ser energizado. Obs.: O JHD162A pode ser alimentado com 5V e controlado com sinais de 3.3V (sinais RS, E, DB0-DB7);
2. Possuir um teclado de cinco teclas, desenvolvido por meio de chaves tácteis de quatro terminais cada, sendo lido através de uma estrutura de divisor resistivo numa entrada analógica;
3. Possuir uma memória serial com comunicação no padrão I2C.

-Especificações de Interface:

1. Possuir duas entradas analógicas de 0 a 3,3V com circuitos de buffer na entrada;
2. Possuir um potenciômetro ligado à uma entrada analógica do microcontrolador;
3. Possuir uma saída analógica de 0 a 5V conectada a uma saída PWM do micro utilizando um filtro passa baixa de 2ª ordem (40db/dec.) com 1 década a menos de FC que a freq. do PWM;
4. Possuir uma barra de conexão para 4 pares de sinais de alimentação, dois como sinal de 3.3V e dois de 5V, ambos com um terra associado, formato 2x4.
5. Possuir um grupo de barras de expansão que empreguem todos os pinos do microcontrolador que não sejam alocados pelos demais

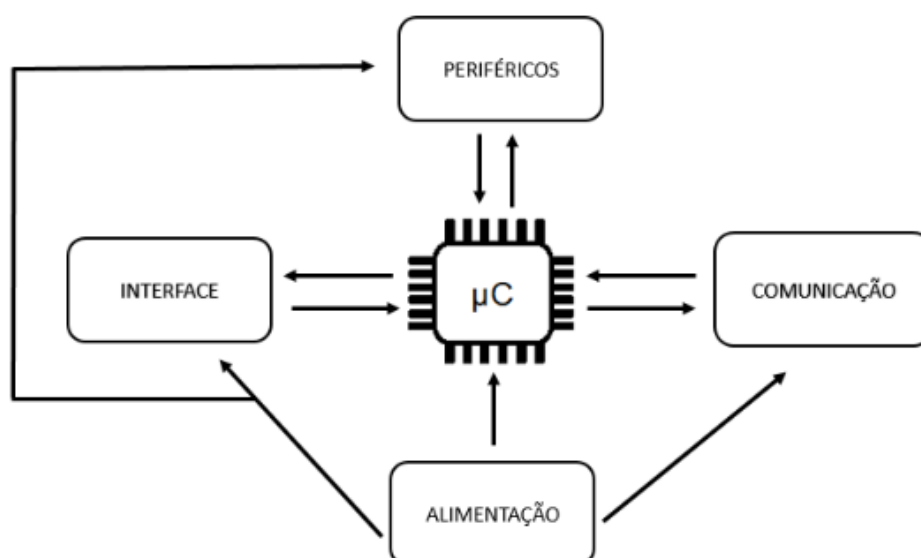
requisitos de desenvolvimento. Cada barra deverá possuir um conjunto de pinos relativos a um dado periférico do micro (exemplo: uma barra de periférico PWM, uma para o periférico SPI, etc.).

● Lista dos componentes:

Foi definido pelo professor responsável que para a elaboração do produto os modelos de componentes listados abaixo deveriam necessariamente ser utilizados.

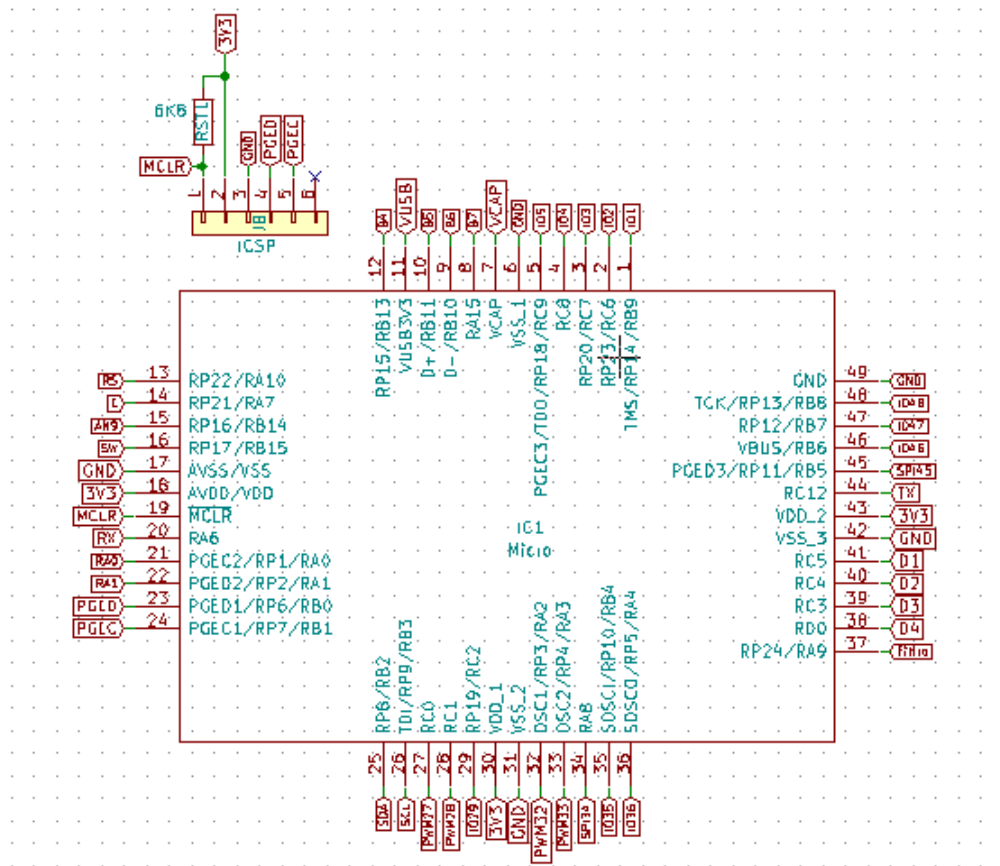
Componente	Número de componente/encapsulamento
Conector de alimentação	PJ-002A
Microcontrolador	PIC32MM0064GPM048-I/PT – TQFP48
Conversor USB-Serial	MCP2200-I/SO
Reguladores de 3.3V	LD1117S33CTR
Reguladores de 5.0V	LD1117DT50TR
Amplificador operacional	LM358DG
Chaves tácteis	1825910-6
Cristal de 12 MHz	ATS12A
Resistores de uso comum	(0805) 56, 100, 330, 470, 680, 910, 1k, 3k3, 4k7, 6k8, 9k1, 10k e 200k Ω
Capacitores cerâmicos de uso comum	(0805) 22 pF, 39 pF, 10 nF, 100 nF e 220 nF
Capacitores inerentes aos reguladores	F931C106KAA / valor de 10uF
Diodos emissores de luz	LTST-C150GKT
Diodo retificador Schottky	1N5819HW-7
Conectores USB	897-43-004-90-000000
Conversor digital-analógico (DAC)	MCP4725A0T-E/CH
Entrada e saída analógicas (DAC e AD)	OSTTA024163
Conectores para o LCD, expansões e afins	Passo de 2.54mm. Ex: PPTC101LFBN-RC
Conector ICSP	Barra de pinos 6 terminais (MCLR, VDD, GND,
Potenciômetro linear de 10k	P160KN-0QD15B10K
Potenciômetro para o LCD	3296W-1-103RLF
Memória E2PROM-	24LC512-I/SM

● REPRESENTAÇÃO EM BLOCOS FUNCIONAIS:

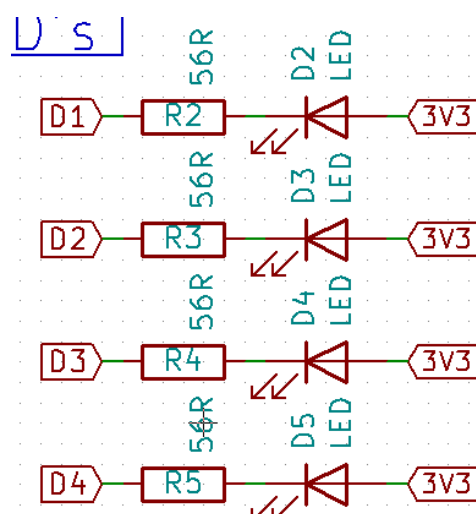


- **ESQUEMÁTICO INDIVIDUAL DOS SUB-CIRCUITOS:**

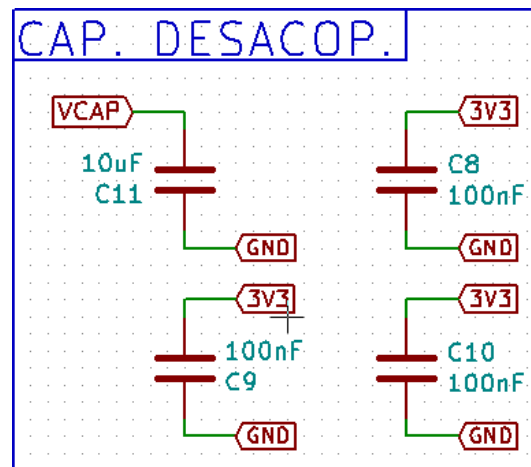
-Microcontrolador:



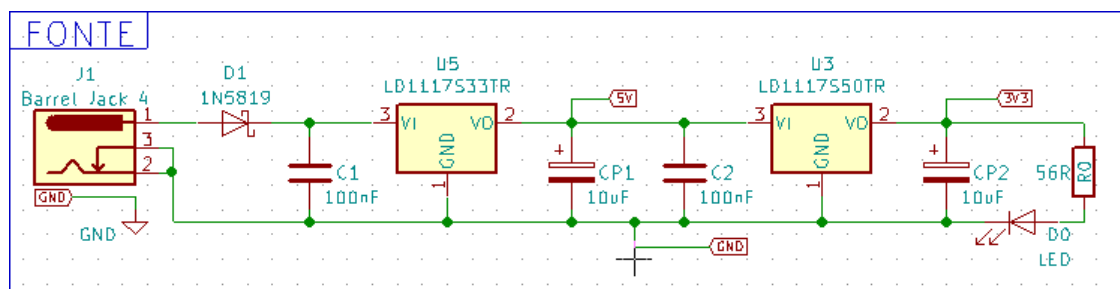
O Sub-circuito do micro consistia basicamente no próprio dispositivo com suas conexões e em um barramento de conexão ICSP para gravação, 4 diodos emissores de luz foram posicionados para servir a funções variadas, as portas deste LEDs foram escolhidas de modo que não comprometessem as necessidades dos outros sub-circuito e juntamente aos LEDs foram posicionadas resistências para limitar a corrente.



Sequencialmente um botão foi adicionado para realizar a função de RESET quando necessário, esta funcionalidade foi feita por meio de uma chave de 4 terminais normalmente aberta que geraria uma variação no sinal de MCLR quando pressionada, além disso um barramento foi adicionado a placa para servir como conector de gravação, os pinos deste barramento foram configurados respeitando o padrão ICSP (Pino 1 com MCLR e resistor pullup de 6k8 para o 3v3, pino 2 com Vcc, pino 3 GND, pino 4 PGED, pino 5 PGEC e pino 6 desconectado). Por fim, nenhum cristal de clock foi conectado ao micro visto que este atuaria em clock interno e os capacitores de desacoplamentos foram posicionados entres os pinos de Vcc e GND assim como exigido no datasheet.



-Alimentação:



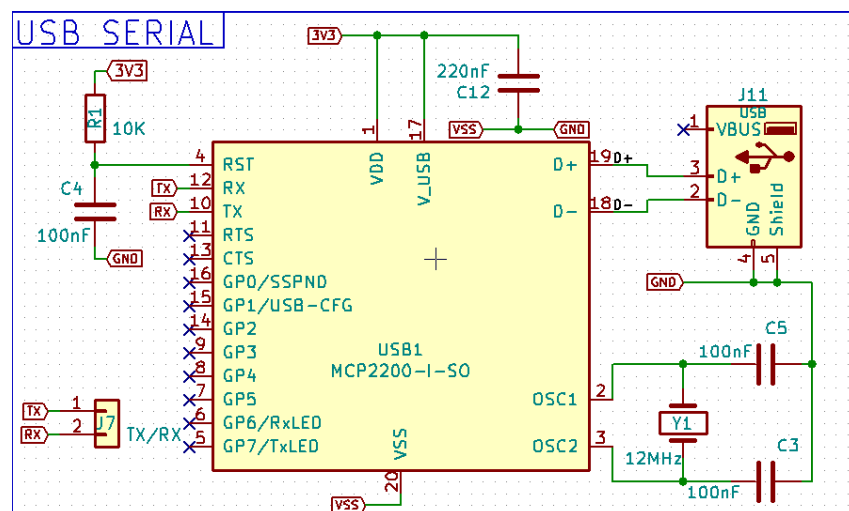
Conforme solicitado no projeto, foi pesquisado na tabela de padronização de conectores do tipo barrel, popularmente conhecido como jack, a fim de localizar o valor do código J4 que como o projeto já havia informado tem um diâmetro interno de 2.1mm, além disso um diodo Schottky foi posicionado entre o jack e o restante da alimentação no intuito de proteger o sub-circuito contra uma possível tensão reversa.

Em seguida, tendo em mente que a máxima tensão de entrada seria de 12 Volts, foi definido que os reguladores de tensão ficariam na configuração de "cascata" para que dessa forma o segundo regulador tivesse

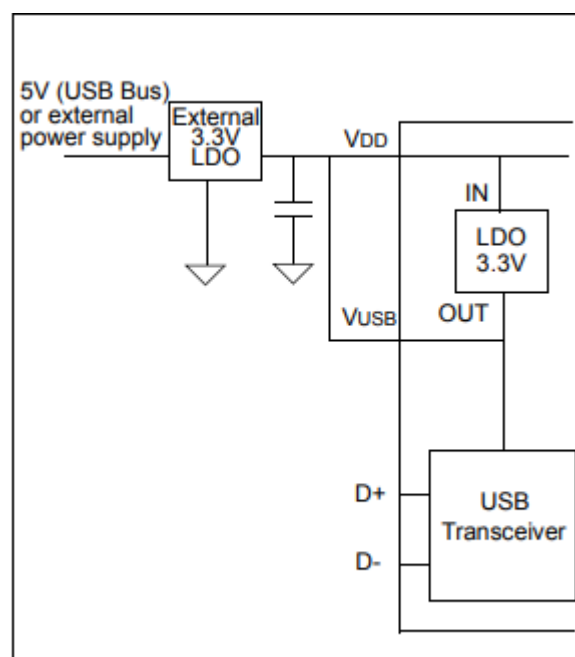
uma diferença menor entre sua tensão de entrada e saída (Caso eles estivessem em paralelo este regulador teria uma diferença entrada/saída de aproximadamente 9V já em “cascata” essa diferença cai para aproximadamente 2V, visto que sua entrada seria a saída de 5V do primeiro regulador). Ao consultar o datasheet dos reguladores constatou-se que era necessária a presença de dois capacitores em cada regulador, um de tântalo na entrada e outro cerâmico na saída, esses capacitores servem para amenizar o efeito ripple.

Por fim, um LED foi posicionado juntamente de uma resistência para sinalizar quando o circuito estiver sendo alimentado, foi calculado um valor de 56Ω para esta resistência na intenção de adequar uma corrente que não queimasse o diodo emissor de luz.

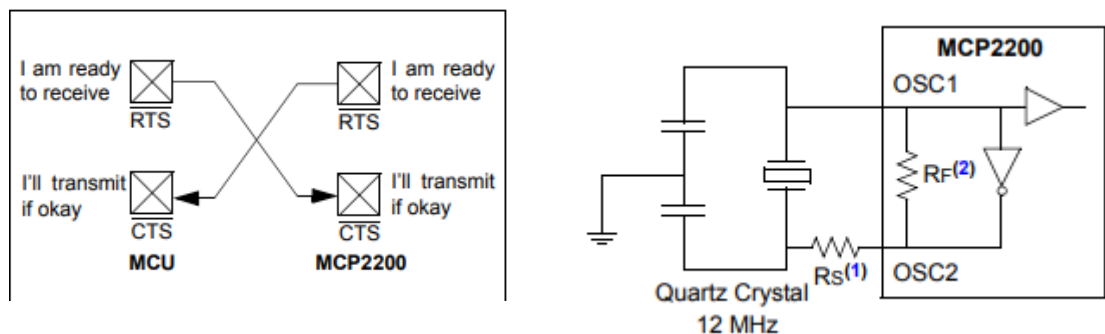
-Comunicação:



Para o circuito de comunicação foi necessário implementar o conversor USB-serial MCP2200-I-SO na forma auto alimentada, ao consultar seu datasheet foi encontrada a seguinte configuração:

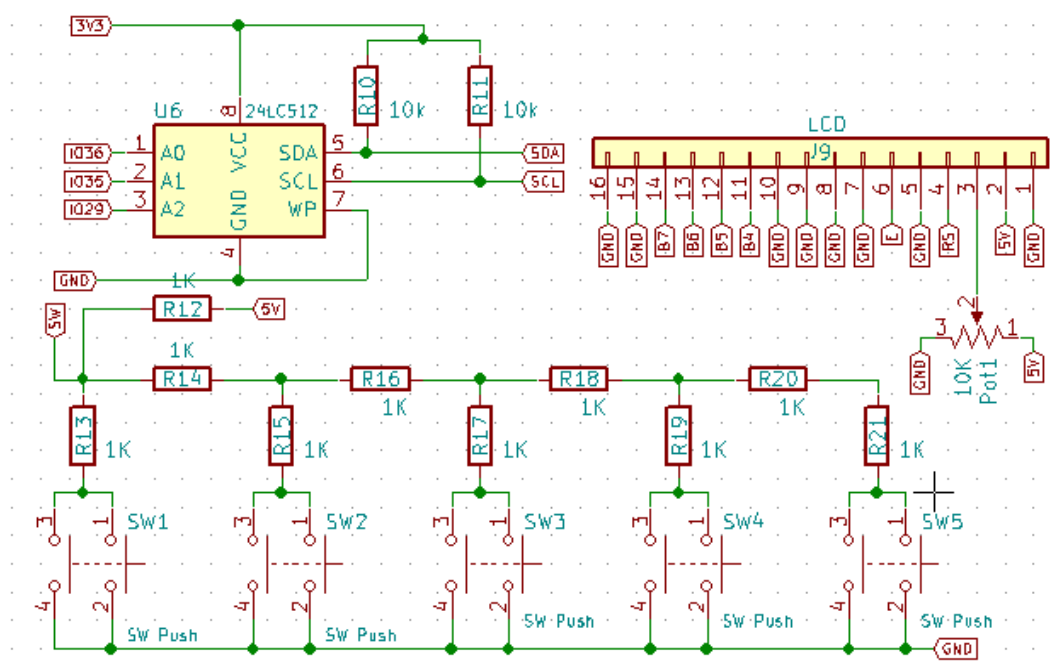


Tendo feito isso, também foram constatadas no datasheet a forma adequada de conectar o conversor ao PIC pelos pinos RX e TX e a configuração de seu Clock.



Por fim, um conector USB foi devidamente empregado por meio dos pinos D+ e D-, o RESET foi configurado para manter um sinal alto durante todo o tempo (Desta forma o MCP2200 não vai resetar por si só) e foi preparado um barramento de dois pinos que ficará na borda da placa e irá conter RX e TX.

-Periféricos:



O sub-circuito de periféricos consiste em um teclado, uma memória e um conector para um LCD 16x2. Primeiramente, o LCD deveria ser configurado para operar no modo de 4 bits, sem energizar o pino relativo a luz de fundo e contemplando devidamente as conexões dos pinos de alimentação e de comunicação com o PIC.

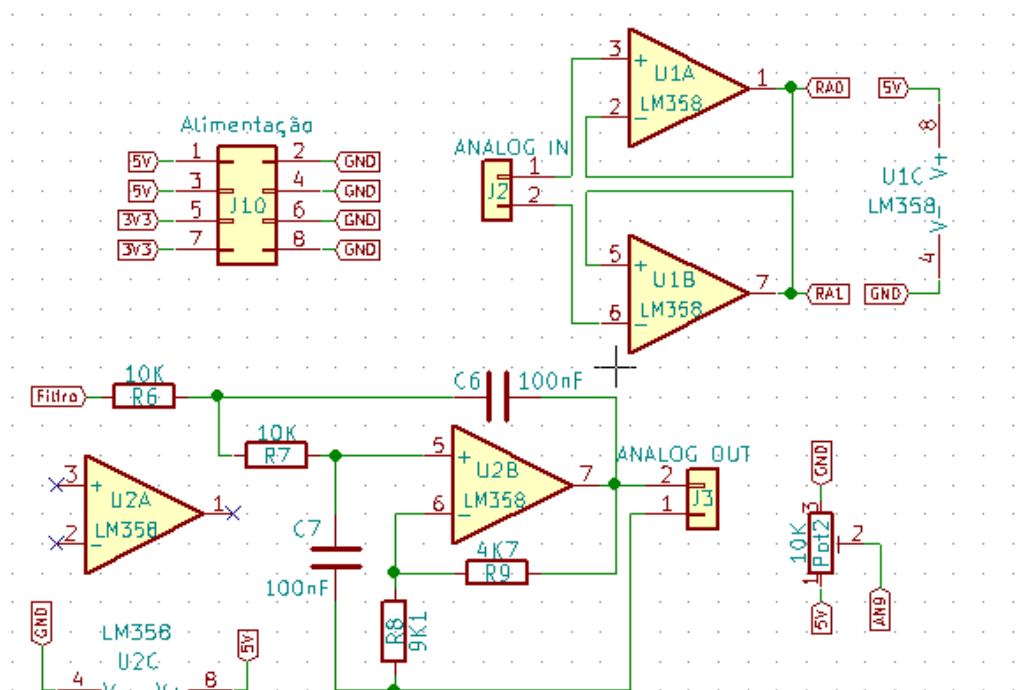
1	2	3	4	5	6	7	8
VSS	VCC	VEE	RS	R/W	E	DB0	DB1
9	10	11	12	13	14	15	16
DB2	DB3	DB4	DB5	DB6	DB7	LED+	LED-

Para operar no modo de 4 bits apenas os bits de DB4 até DB7 do LCD devem ser conectados (Pinos 7~10 desconectados e pinos 11~14 conectados em portas I/O do micro), os pinos 15 e 16 não foram conectados visto que são relativos a luz de fundo do LCD, em seguida foram conectados os pinos de alimentação VCC e VSS a 5V e GND respectivamente, os pinos 4 e 6 conectados em portas I/O do PIC para comunicação e o pino 3 conectado a um potenciômetro para o ajuste de contraste.

Sequencialmente, foi elaborado um teclado de cinco teclas no qual cada tecla é uma chave tátil de 4 terminais, o sinal de saída do teclado 'SW' é conectado a uma porta analógica do micro e seu valor é uma tensão definida por um circuito com estrutura de divisor resistivo, desta forma ao pressionar cada tecla é obtido um valor diferente de tensão em SW e ao "avaliar" a faixa de tensão que chega no micro é possível saber quais teclas estão pressionadas.

Já a memória deveria estar presente com comunicação I2C, após pesquisar e escolher a memória correta foi constatado em seu datasheet que os pinos A0, A1 e A2 deveriam estar conectados a porta I/O do micro e a partir destas portas todos os 3 deveriam ser definidos com nível lógico '1' ou '0', além disso era necessária a presença de resistores de Pullup nas saídas SDA e SCL, por fim, os pinos de alimentação foram conectados em 3v3 e GND e o pino WP também foi para GND para que as operações de escrita ficassem habilitadas.

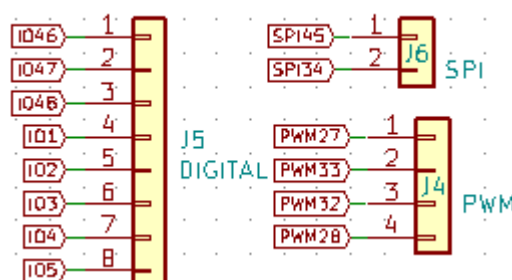
-Interface:



Primeiramente para elaboração do sub-circuito de interface foram utilizados dois AmpOps de um LM358 como buffers de um entrada analogica que varia de 0 até 3,3V, em seguida um potenciômetro de 10k foi conectado ao Vcc, ao ground e à uma das entradas analógicas do Micro.

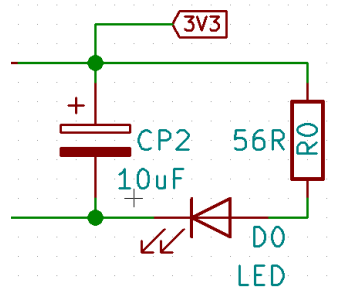
Já para a elaboração do filtro passa baixa de segunda ordem o grupo pesquisou acerca do assunto e definiu os seguintes valores para as resistências, R6 - 10k, R7 - 10k, R8 - 9,1k e R9 - 4,7k (O método para encontrar os valores está presente no memorial de cálculos). Este filtro foi feito utilizando apenas um dos AmpOps de um LM358 e conectado a uma saída analógica que irá variar de 0 a 5V, além disso, foram colocados dois capacitores de 100nF respeitando a configuração de um filtro passa baixa de segunda ordem. Em seguida, foi adicionada uma barra de conexões para 4 pares de sinais de alimentação, com dois para 3,3V e dois para 5V.

Por fim, todos os pinos do micro que ainda não estavam sendo empregados para nenhuma outra função foram agrupados em barras de expansão relativa a algum periférico do micro como por exemplo PWM.



- **Memorial de Cálculos:**

-Calculando o resistor da alimentação:

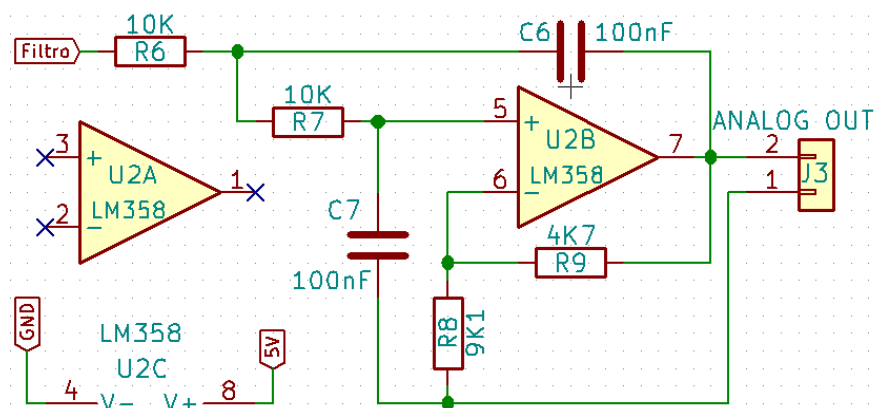


Consultando o datasheet do LED sabemos que alimentado por uma corrente de 20mA este consome aproximadamente 2,1V, então temos que:

$$\begin{aligned}
 3,3 &= V_{resistor} + V_{led} \\
 V_{resistor} &= 3,3 - 2,1 = 1,2V \\
 V_{resistor} &= R * I_{resistor} \\
 R &= V_{resistor} / I_{resistor} \\
 R &= 1,2V / 20mA = 60 \text{ Ohms}
 \end{aligned}$$

Como não há resistores de 60 Ohms disponíveis para o projeto um resistor de 56 Ohms foi escolhido no lugar.

-Calculando os resistores do filtro passa baixa:



Sabemos que a entrada do filtro é uma saída do micro, ou seja possui até 3,3 V e sabemos que a saída deste filtro pode chegar até 5 V, desta forma podemos calcular o 'ganho' do circuito:

$$Ganho = V_o/V_i = 5/3,3 = 1,515$$

Agora, para calcular os resistores R_i e R_f do filtro passa baixa utilizamos a seguinte equação:

$$Ganho - 1 = R_f/R_i$$

$$R_f/R_i = 1,52 - 1 = 0,52$$

Sabendo agora que a razão entre os resistores deve ser de 0,52 nota-se que ao escolher os resistores R_f - 4,7kOhms e R_i - 9,1kOhms (Resistores disponíveis na lista de materiais definida) é possível obter uma relação de aproximadamente 0,516, ou seja, próxima o suficiente do desejado.

3.DESENVOLVIMENTO PLACA PCB

- **Requisitos do layout da placa:**

1. Possuir dimensão de no máximo 10x10 cm²;
2. Ser dupla face;
3. Utilizar plan de terra em ambas as faces;
4. Possuir capacitores de supressão de tensão entre a alimentação e o sinal de terra de cada circuito integrado utilizado pelo projeto, alocados próximos aos pinos de alimentação;
5. Sua face superior deve possuir uma camada de texto (silk) na qual haja a identificação de cada componente eletroeletrônico;
6. Possuir a identificação do grupo e dos integrantes da equipe na camada de texto (silk);
7. Possuir quatro furos de fixação dispostos em seus cantos;
8. Possuir identificação de todas as conexões de entrada e de saída presentes na placa.

-Especificações para projetar a placa:

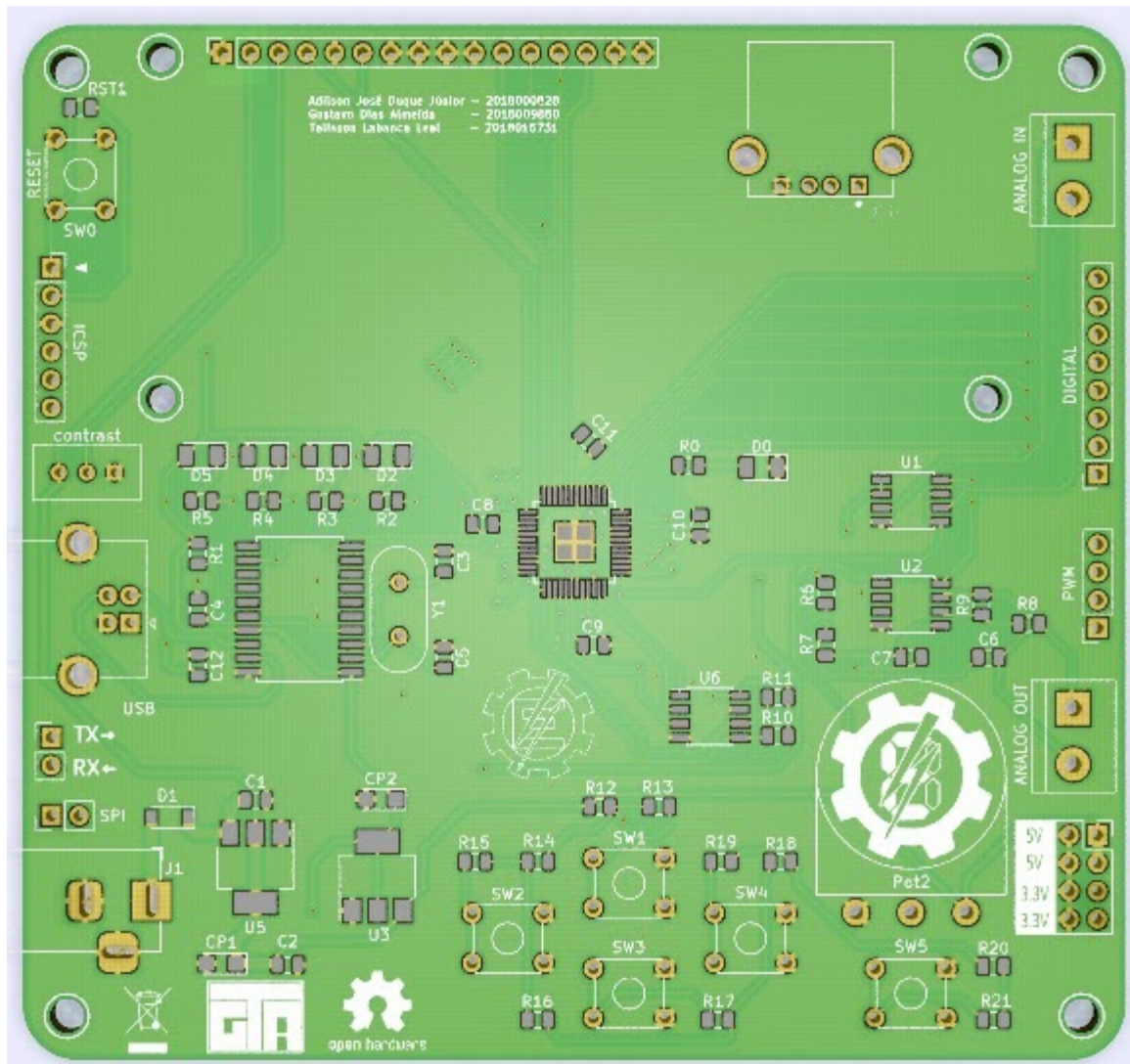
Item	Descrição	Restrição
R1	Formato dos arquivos eletrônicos de fabricação	Gerber RS274X
R2	Mínima largura para trilhas de sinais	8 mils
R3	Mínima largura para trilhas de alimentação	12 mils
R4	Mínimo espaçamento entre trilhas, furos e ilhas	10 mils
R5	Mínimo diâmetro de furo de vias	12 mils
R6	Mínimo diâmetro de ilhas de vias	25 mils
R7	Não utilizar microvias	

- **Montagem do circuito impresso:**

Durante a montagem do layout o grupo precisou de algumas tentativas e passou por certas “dores de cabeça” antes de pegar a prática do software, após muitas horas tentando alocar os componentes e novas versões feitas o resultado final da placa pcb foi alcançado.

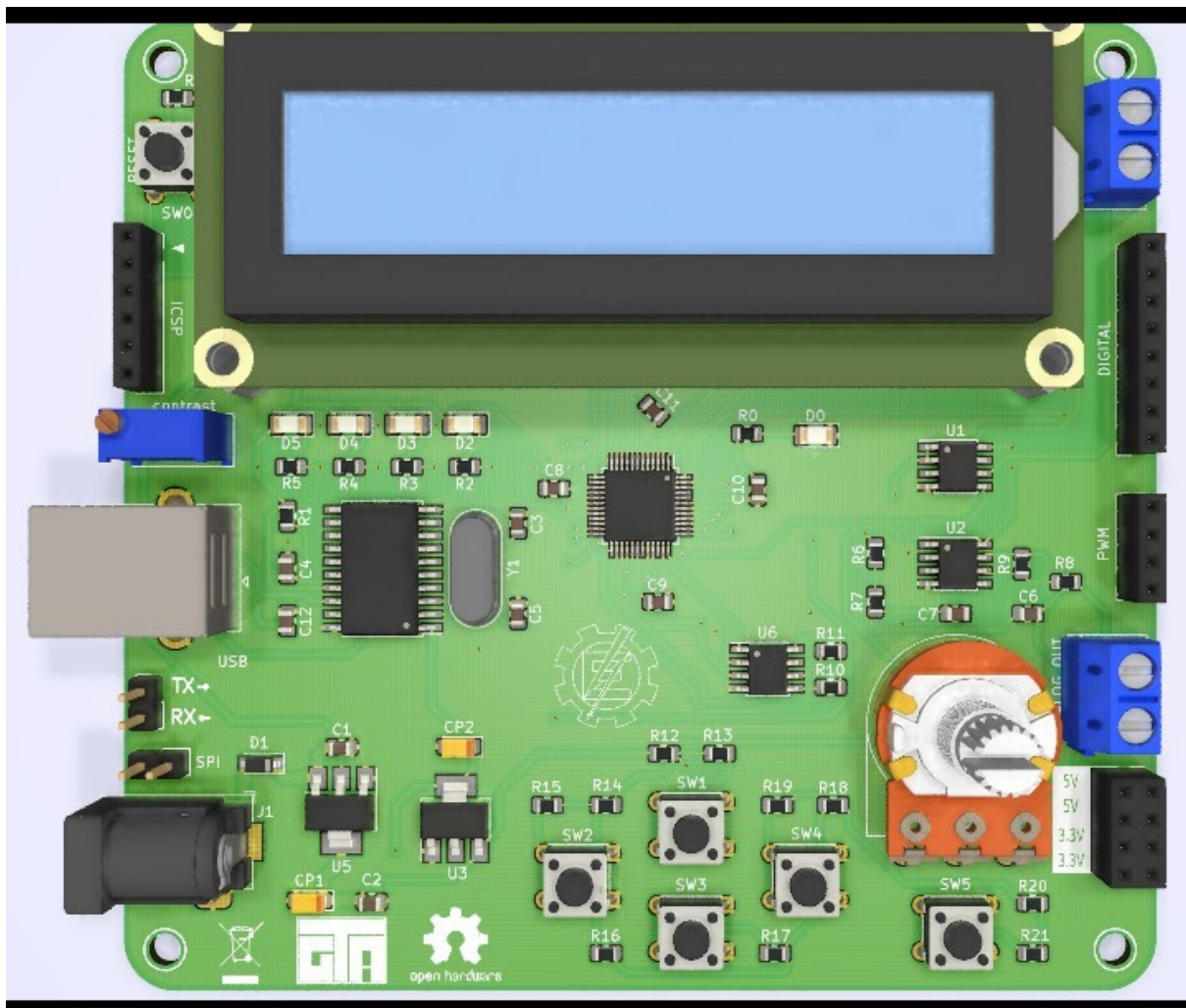
- Desenho da placa de circuito impresso:

Nesta vista do projeto é possível ver toda a parte superior da placa sem os modelos 3D dos componentes, porém é possível ver as trilhas que ligam os componentes e também as ilhas de cada um.



-Visão em 3D do circuito montado:

Já nesta vista do projeto é possível ver toda a parte superior da placa com os modelos 3D dos componentes, nela tem-se uma visão de como a placa vai ficar na realidade e fica visível o dimensionamento da placa com os espaços ocupados pelos componentes.

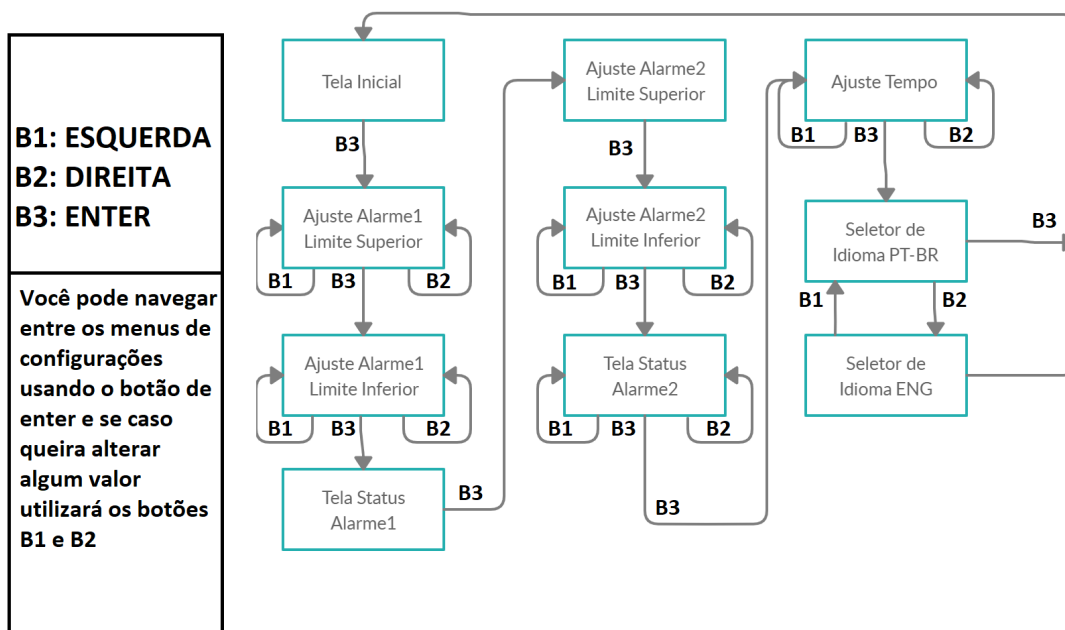


4. SOFTWARE

O software do projeto foi baseado na linguagem C, visto que é uma linguagem comumente utilizada em sistemas embarcados e oferece um grande aprendizado para estudantes de engenharia.

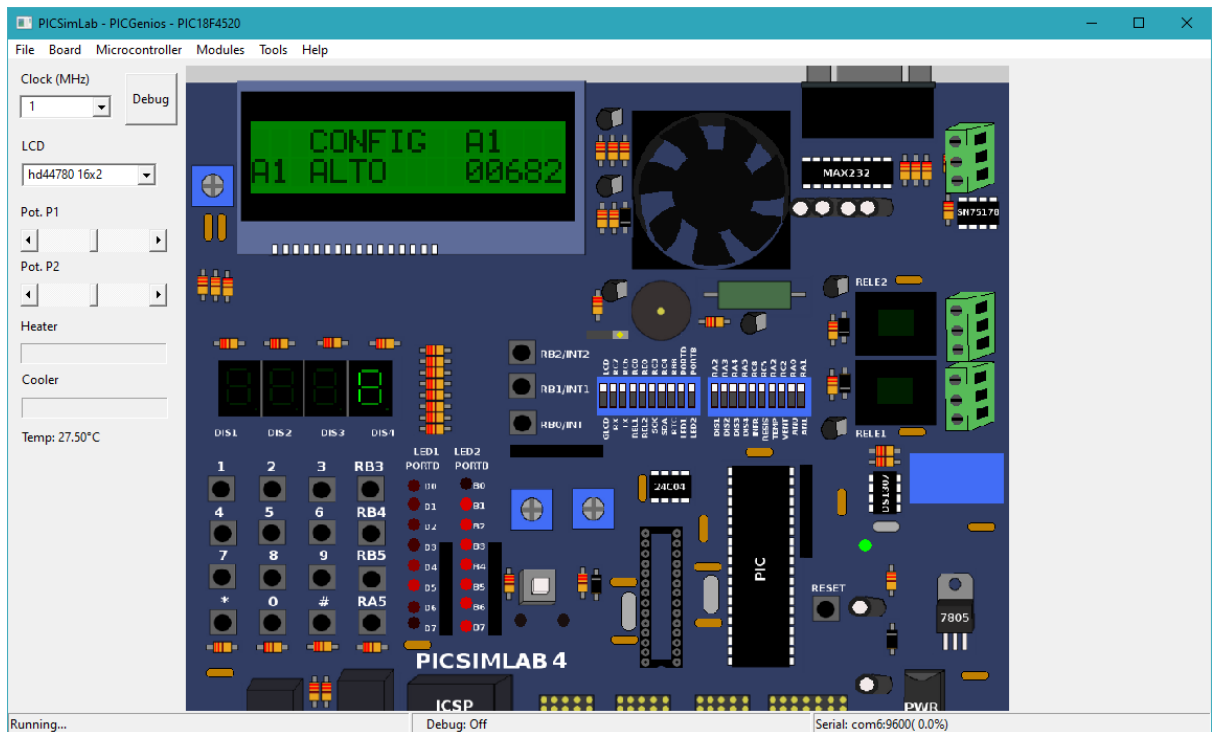
Nosso projeto consiste em um menu onde o usuário pode definir dois alarmes, fazer a leitura analógica através de um potenciômetro, alterar a língua do sistema e alterar uma variável de tempo. Os alarmes que são configurados pelo usuário tem uma faixa inferior e uma superior que após setada, indicará visualmente através de um led quando o valor de leitura do potenciômetro estiver fora dos limites estabelecidos.

Iniciamos o projeto do software com a criação do fluxograma responsável pela lógica e estados de máquina que seriam possíveis navegar. Abaixo podemos verificar qual foi o primeiro desenvolvimento desta máquina e como foi estruturado o sistema de menu rotativo do programa.



O próximo passo para o desenvolvimento foi de fato escrever o código. Através do uso de bibliotecas, criamos um projeto base e complementamos para poder utilizar as funções desejadas e necessárias para o resultado final.

Utilizamos o programa MPLABX para escrever todo o código e utilizamos o programa de simulação PICSIMLab que nos ajudou a verificar o andamento e utilização do software. A seguir é possível ver a simulação do PICSIMLab com uma das primeiras versões do programa projetado.



Após escrevermos o programa, começamos a desenvolver o diagrama UML do projeto contemplando as bibliotecas e funções que foram usadas no projeto.

5.LISTA DE COMPRA E CUSTOS

Utilizando o próprio KiCad uma lista com os componentes foi gerada, esta lista possui os datasheets dos componentes e algumas outras informações mais específicas, na tabela abaixo temos a cotação de todos os componentes que serão comprados para a montagem da placa, a lista mais completa está anexada com este documento.

	Quantidade	Preço
C1 - C11	11	\$0.61
C12	1	\$0.16
CP1 - CP2	2	\$0.88

D1	1	\$0.40
D0 - D5	4	\$1.24
IC1	1	\$1.94
J1 - J10	10	\$5.74
J11	1	\$1.48
Pot1	1	\$4.12
Pot2	1	\$0.79
R1, R6, R7	3	\$0.30
R0, R2, R3, R4, R5	5	\$0.80
R8	1	\$0.10
R9	1	\$0.10
R10 - R21	12	\$0.42
RST1	1	\$0.10
SW0 - SW5	6	\$0.60
U1, U2	2	\$0.92
U3, U5	2	\$0.96
U6	1	\$1.37
USB1	1	\$1.94
USB2	1	\$1.48
Y1	1	\$0.37

LCD	1	\$10.64
Total	71	\$37.46

Após realizar a cotação dos componentes individualmente a equipe conseguiu elaborar um orçamento simples do projeto que apresenta o valor de custo considerando apenas o preço dos componentes eletrônicos. Com isso obteve-se o valor de \$37,46 que se apresenta como um valor relativamente “bom” ao levar em conta o número de funcionalidades e periféricos diferentes presentes no projeto.

6.LEVANTAMENTO DE DIFICULDADES

A primeira dificuldade foi quando nos juntamos como grupo e tivemos que fazer o alinhamento do que cada membro do grupo tinha feito, tivemos que basicamente refazer o esquemático inteiro para que todos estivessem de acordo.

Enquanto estávamos trabalhando no esquemático foram surgindo dificuldades relacionadas ao projeto, como cálculos e incertezas nos datasheets e com isso perdíamos muito tempo. Quando o esquemático estava pronto que foi a primeira entrega, onde foram localizados erros tivemos que mudar algumas coisas e quebrar a cabeça pra entender por que estavam incorretos.

Quando estávamos fazendo o PCB a maior dificuldade foi rearranjar os componentes e enquanto fazíamos isso víamos um mundo de possibilidades e tentamos aproveitar ao máximo os espaços e adicionar mais coisas, e sempre quando fazíamos isso tinha que arranjar novamente outros componentes, perdemos muito tempo com isso também e na hora de fazer as trilhas tivemos algumas dificuldades com as dimensões delas.

Com isso, a maior dificuldade mesmo foi a gestão de tempo, pois o grupo não foi tão organizados em relação a isso o que causou acúmulo de trabalho e fez com que algumas coisas fossem corridas, porém no final deu tudo certo.

Vale lembrar também que o fato de uma pandemia estar acontecendo impossibilitou o grupo de se reunir presencialmente o que acarretou em algumas dificuldades geradas pela distância, após algum tempo o grupo desenvolveu prática e superou isso mas com certeza foi uma dificuldade.

7. CONCLUSÃO

Finalmente, o grupo chegou na conclusão de que o método aplicado no projeto fez dele uma experiência diferente de qualquer outro trabalho de faculdade, nos levando até um ponto mais semelhante ao mercado de trabalho do que ao meio universitário, além disso tivemos a chance de constatar o nível de complexidade envolvido ao projetar um produto desde o começo mas também constatar que ao trabalhar em todas as etapas do desenvolvimento adquire-se um conhecimento muito maior sobre os assuntos envolvidos criando assim uma “confiança” maior nestes temas.

Tendo em mente as circunstâncias em que o projeto foi desenvolvido o grupo também pode notar que mesmo após “apanhar” um pouco em se reunir efetivamente estando a distância, ainda sim é possível realizar um trabalho desse nível de complexidade e obter resultados interessantes e um bom entendimento sobre o todo.

8. ANEXOS

-Especificações elétricas:

Na placa projetada temos algumas entradas/saídas com suas respectivas especificações elétricas.

- Jack da alimentação (24 Volts típico e 2,5 Amper máximo)
- Entrada analógica dos buffers (0 ~3.3V)
- Saída analógica do filtro passa baixa (0~5V)
- Pinos do Micro (-0,3~6V e corrente máxima de 16mA)

-Manual simplificado:

No canto superior esquerdo, temos o botão de reset e logo abaixo temos o conector do ICSP onde a ordem de conexão é a seguinte:

Pino 1	Pino 2	Pino 3	Pino 4	Pino 5	Pino 6
MCLR	Vcc	Vss	PGED	PGEC	Desconectado

Seguindo no mesmo canto esquerdo, temos a entrada USB e os dois pinos de conexão, TX e RX e logo abaixo dois pinos para comunicação SPI e o Jack J1 para alimentação.

Continuando para o canto inferior, temos 4 chaves SW do teclado e o outra mais a direita. No canto inferior direito temos a barra de conexão 2x4 com duas saídas 3v3 e duas 5v com 4 pinos GND e duas barras de

expansão sendo uma 1x4 PWM e outra 1x8 Digital e no canto superior temos o LCD.

9. BIBLIOGRAFIA

[1]"Projetos de filtros ativos: Passa baixo de segunda ordem - Caderno de Laboratório", *Caderno de Laboratório*, 2020. [Online]. Available: <https://cadernodelaboratorio.com.br/projetos-de-filtros-ativos-passa-baixo-de-segunda-ordem/>. [Accessed: 09- Jul- 2020].

[2]"Arduíno. Lendo 4 chaves com um único pino de entrada - Caderno de Laboratório", *Caderno de Laboratório*, 2020. [Online]. Available: <https://cadernodelaboratorio.com.br/arduino-lendo-4-chaves-com-um-unico-pino-de-entrada/>. [Accessed: 09- Jul- 2020].

Além destes sites também foram utilizados os datasheets de todos os componentes do projeto, todos estes se encontram listados na planilha que acompanha este pdf em sua pasta