

CRESCIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE DISPOSITIVOS ORGÂNICOS ELETROLUMINESCENTES

Aluno: Rafael José Pacca Brazil Sadok de Sá

Orientador: Marco Cremona

I - Introdução:

A optoeletrônica está se tornando uma das áreas estratégicas para o desenvolvimento tecnológico brasileiro. Associada às telecomunicações ópticas, a optoeletrônica e áreas correlatas representam um mercado internacional de altíssimos investimentos. Assim, uma crescente atividade de estudo vem sendo dedicada ao desenvolvimento de fontes luminosas de estado sólido miniaturizadas e de componentes fotônicos e optoeletrônicos compactos. Estes dispositivos são de enorme importância tanto do ponto de vista científico quanto do industrial. Na região espectral do visível e do infravermelho-próximo (azul-verde-vermelho), encontram-se aplicações que interessam grandes mercados, como leitores de CD, impressoras laser, telas (display) e, em geral, tudo o que é relacionado ao armazenamento óptico de informações.

Nos últimos anos, paralelamente aos estudos feitos em semicondutores, ocorreu um grande desenvolvimento de atividades de pesquisa para a realização de fontes de radiação luminosa integradas baseadas em materiais orgânicos. Os dispositivos emissores de luz orgânicos (*OLEDs*), que podem ser em camada única ou em heteroestruturas, como mostrado na Figura 1, estão se propondo como uma área muito promissora. Eles baseiam-se em moléculas orgânicas de diversos tipos, mas o composto mais estudado é o tris(8-hydroxy)quinoline-aluminum (Alq_3), que é uma molécula orgânica conjugada com baixo peso molecular.

O grupo de pesquisa do Prof. Cremona há muitos anos vem estudando novos materiais em forma de filmes finos para diferentes aplicações, tendo adquirido uma experiência reconhecida em campo nacional e internacional. Este projeto de pesquisa se enquadra dentro da área de Física da Matéria Condensada Experimental e tem como principal objetivo a produção, o desenvolvimento e a caracterização de dispositivos orgânicos eletroluminescentes não poliméricos (chamados *OLEDs*) para diferentes aplicações, com ênfase nas áreas de nano-materiais e optoeletrônica.

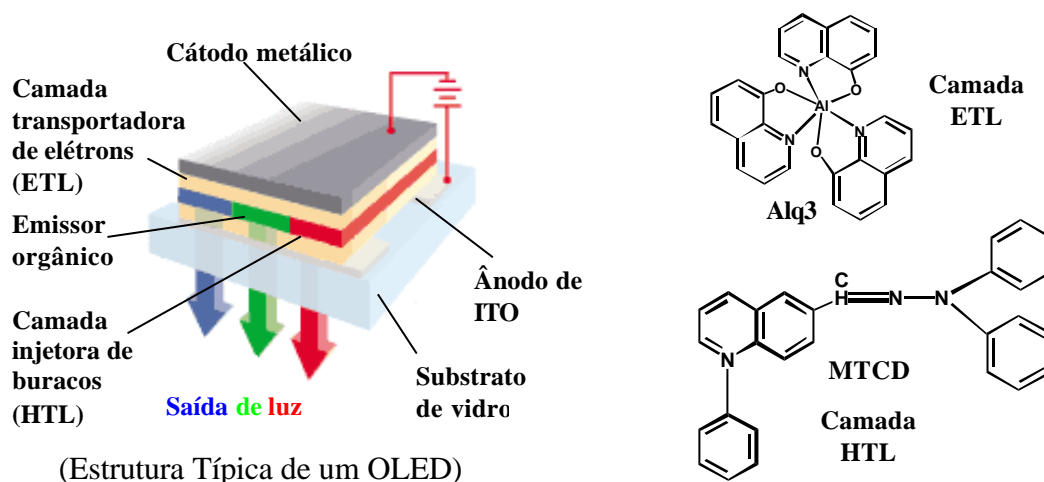


Figura 1 - Exemplo esquemático de um OLED. Uma heteroestrutura de compostos orgânicos

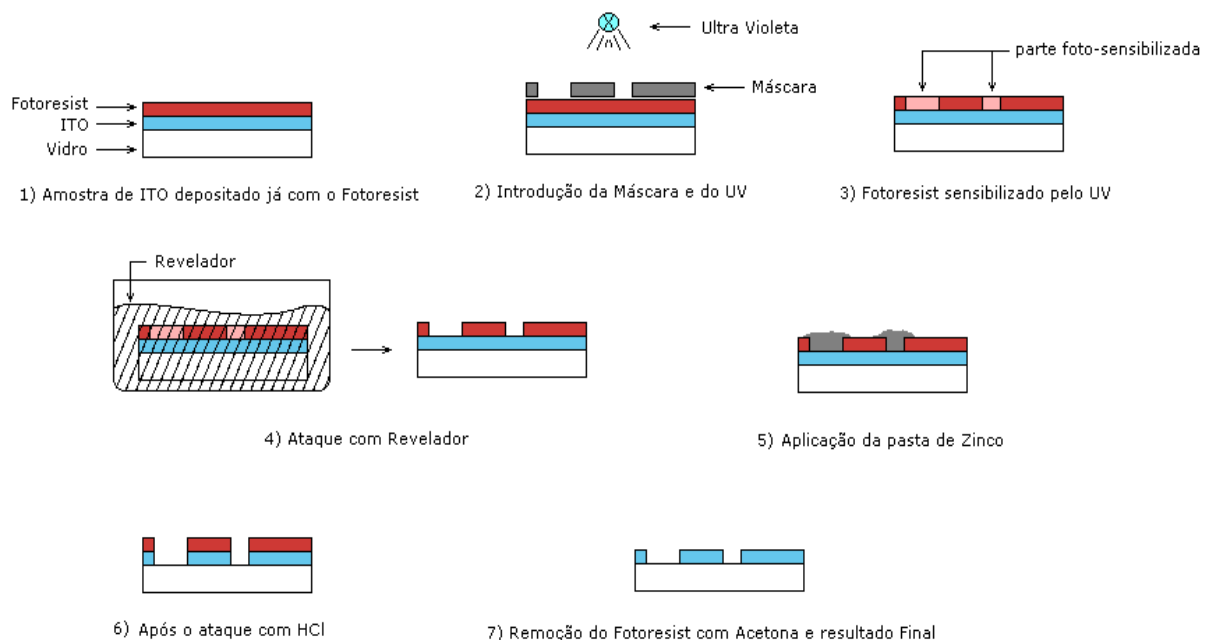
II – Objetivo

O objetivo central deste projeto de Iniciação Científica (IC) é aprimorar o processo de fotolitografia e a produção de “máscaras” que serão utilizadas na construção dos eletrodos dos protótipos finais e desenvolver e montar de um circuito eletrônico de comando para displays orgânicos. Além disso, este projeto visa participar e dar apoio aos projetos de pesquisa atualmente em andamento no laboratório, quais sejam: deposição de filmes finos de materiais orgânicos para realização de OLEDs; medidas de eletroluminescência das amostras produzidas; elaboração dos dados experimentais coletados.

III – Metodologia:

1. Fotolitografia

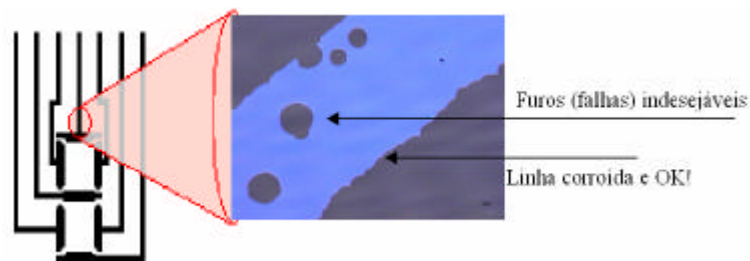
O processo de fotolitografia pode ser descrito de forma concisa da seguinte forma, (conforme esquematizado na figura abaixo): uma camada de resina especial (Fotore Resist) é depositada sobre toda a superfície do ITO através da técnica de spin-coating (espalhamento por centrifugação) e esta resina é tratada termicamente numa estufa (*passo 1*). Depois, uma máscara opaca à passagem de Luz U.V. com o desenho que se pretende que o ITO tenha ao final do processo é colocada sobre a amostra. O conjunto amostra, mais resina, mais máscara é submetido à irradiação de luz U.V. (*passo 2*). Logo após, a máscara é retirada e a amostra é mergulhada numa solução reveladora que retira de sobre o ITO a resina que ficou sensibilizada pela luz U.V. e fixa a parte da resina que não foi irradiada (*passos 3 e 4*). Por fim, a amostra é atacada com ácido clorídrico para remoção do ITO que está exposto. A parcela de ITO que ainda está sobre o abrigo da resina não é atacada (*passos 5 e 6*). O resultado final é que quando a resina é removida com acetona o que se obtém é uma superfície de ITO no formato do desenho da máscara (*passo 7*).



Na primeira parte do projeto, o objetivo foi melhorar a técnica de fotolitografia para a montagem de um desenho específico nos OLEDs. Como foi descrito acima, o processo de fotolitografia consiste em corroer o filme de ITO (eletrodo positivo) que vem depositado em placas de vidro, para se obter um desenho particular para a construção dos OLEDs.

Este processo foi feito diversas vezes, com pequenas modificações em seus parâmetros originais, até que se encontrasse um resultado melhor do que os resultados que já haviam sido conseguidos. Assim, a cada melhoria, adota-se a modificação. Todas as vezes que este processo foi feito, foram usados 4 ou 5 substratos, para que pudéssemos ter uma certeza maior do resultado.

Depois de completado o processo de fotolitografia, as amostras passam por um processo de análise no microscópio óptico para verificar se existem falhas no desenho final. A figura abaixo mostra a imagem do primeiro teste realizado na tentativa de se desenhar o número oito e seus seguimentos para a fabricação de um display. O zoom mostra numa pequena parte do desenho original constituído de linhas retas de ITO. As partes em cinza é o vidro e a parte em azul é o que restou do ITO após a corrosão. Note que as linhas laterais foram corroídas bem, formando uma tira de ITO como pretendíamos. Mas, note também a presença de furos por toda a parte que deveria estar protegida, mostrando as falhas no processo de fotolitografia. Essas falhas foram diminuindo sensivelmente a cada melhoria feita no processo.



Para uma análise mais detalhada deste processo, seguem abaixo todas as etapas do processo de litografia:

- A placa de vidro com filme fino de ITO depositado na superfície é limpa com éter, usando-se lenços de papel descartáveis;
- Em seguida, esta placa é limpa com acetona, assim como é feito com o éter;
- Prepara-se um Becker com acetona, coloca-se a placa de vidro dentro e deixa-se no ultra-som por 20 minutos. Assim, as partículas de sujeira vão soltando da placa de vidro;
- Da mesma forma, prepara-se um Becker com álcool, coloca-se a placa dentro e deixa-se por 10 minutos no ultra-som;
- Prepara-se uma solução especial para a limpeza da placa que será deixada por 10 minutos dentro deste líquido a 80o C. A solução é feita da seguinte forma: para cada parte da água oxigenada é acrescentada uma parte de hidróxido de amônia e quatro partes de água destilada;
- Retira-se a amostra de dentro dessa solução e limpa-se com água destilada ;
- Seca-se com jato de nitrogênio, com o auxílio de uma pistola. É importante que a secagem seja feita na seguinte ordem: primeiro a face que não contém o ITO e, em seguida, a face com o filme fino de ITO;
- Deixa-se a placa no forno, à 200o C, durante 5 minutos;

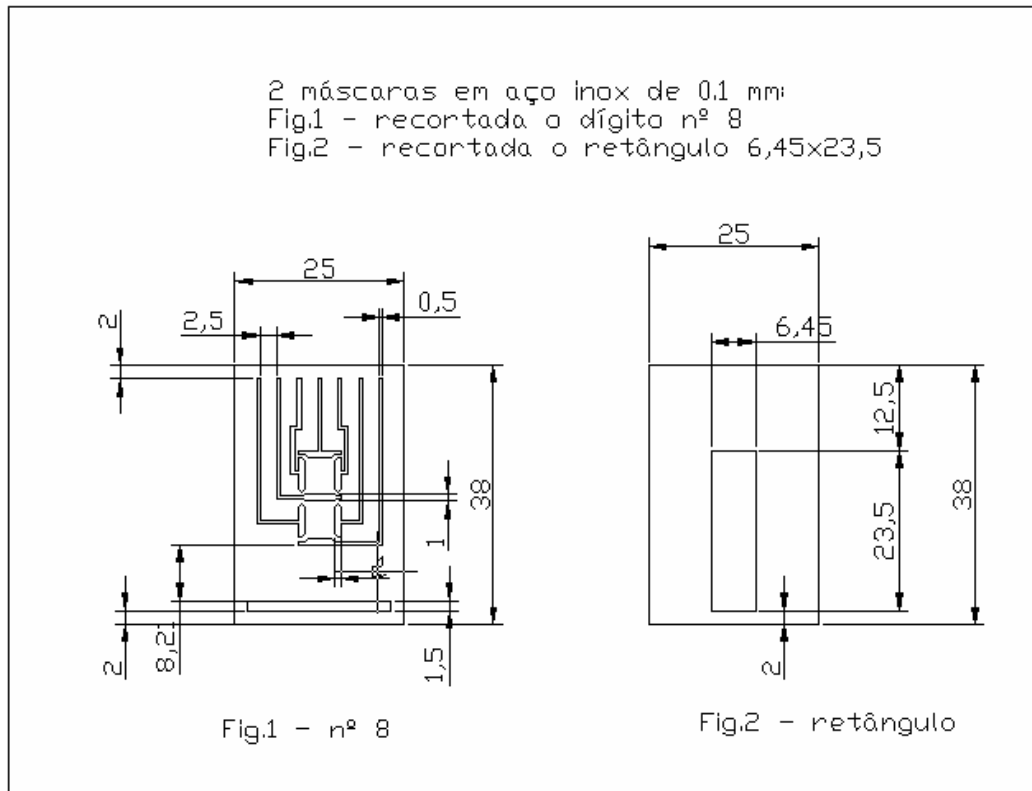
- Retira-se do forno, deixando resfriar por 3 minutos;
- Encaixa-se o substrato (placa de vidro) na centrífuga e, com o auxílio de uma seringa de vidro, coloca-se em sua superfície – que contém o ITO – a foto-resina, até o limite em que essa resina tende a transbordar pelas laterais do substrato. A partir deste processo, todo o laboratório deve estar apenas com a luz amarela acesa, pois a resina é sensível à luz;
- Liga-se a centrífuga a 4.000 RMP, com aceleração máxima, por 1 minuto;
- Retira-se a placa da centrífuga e coloca-se no forno por 30 minutos na posição horizontal, com a resina virada para cima. A temperatura fica em torno de 110o C. Liga-se a lâmpada UV para que esta possa aquecer-se e estabilizar-se enquanto esperamos os 30 minutos para que a resina seque;
- Após os 30 minutos no forno, retira-se a amostra, tomando o cuidado para mantê-la ao abrigo da luz e poeira;
- Coloca-se uma “máscara”, (ver próximo tópico) sobre o substrato. Esta máscara tem o desenho que queremos para o OLED;
- A lâmpada ultravioleta ilumina o substrato, através da máscara, por 18 segundos;
- Retira-se a amostra do UV e mergulha-se num Becker com revelador previamente preparado. Deixa-se por 30 segundos e, em seguida, lava-se a amostra mergulhando-a em um recipiente com água destilada. Mergulha-se novamente o substrato no revelador por mais 15 segundos e, por uma terceira vez, por mais 15 segundos;
- Coloca-se a amostra no forno por 30 minutos a 110o C. Nesta etapa é importante que nem temperatura nem tempo sejam ultrapassados;
- Prepara-se uma solução em um Becker, com 70% de ácido clorídrico e 30% de água destilada;
- Passa-se pasta de zinco em cima do substrato – face que contém a resina, que será corroída – e mergulha-se na solução de HCl por 20 segundos. A pasta de zinco deve estar bem seca sobre o vidro, antes de ir para o ácido;
- Em seguida lava-se o substrato com água destilada.

2. Projeto e realização de uma “máscara” para contatos

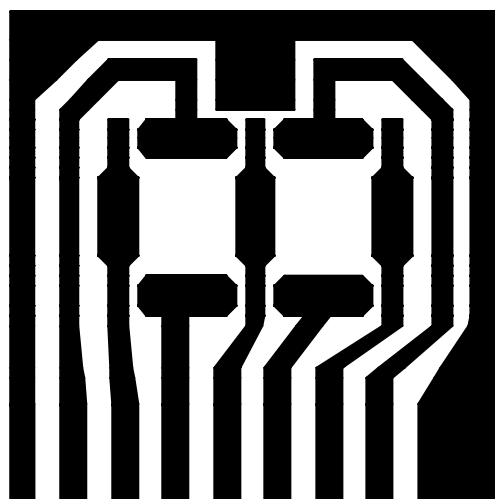
Para realização de contatos e eletrodos no dispositivo OLED final, foi necessário desenvolver um projeto de “máscaras” para serem utilizadas no processo da fotolitografia descrito anteriormente. Foram desenvolvidos dois tipos de máscaras, sendo que uma para o uso no processo em fotolitografia e uma para ser usada na deposição do ITO.

Para se fazer um desenho no ITO, durante o processo de fotolitografia, temos que cobri-lo durante a iluminação com a lâmpada U.V. com o desenho em questão, para que a resina não seja iluminada. Então, primeiro foi feita uma máscara usando-se uma folha do tipo transparência para projeção e um desenho em preto no formato de um número oito foi impresso com impressora jato de tinta. Essa primeira máscara não deu bons resultados, pois a tinta preta da impressora não impede completamente a passagem de luz U.V. resultando em muitas falhas, como foi descrito no final do item anterior.

O segundo tipo de máscara foi desenvolvido em ambiente AUTOCAD (veja figura abaixo). O mesmo desenho (número oito) foi projetado para ser recortado em aço inox pela empresa Laser Tools e esta máscara foi usada para a deposição de ITO, ou seja, com esta máscara é possível depositar o ITO já no formato desejado sem precisar corroê-lo depois.



Foi projetada também uma terceira máscara, em ambiente AutoCad, que foi impressa em fotolito especial para gráficas, de forma que o desenho ficasse o mais uniforme possível, corrigindo os problemas das tentativas com transparências anteriores. Esta máscara foi adotada como padrão para a produção dos OLEDs por possuímos substratos de ITO já pronto sem desenho, o que tornava o processo mais rápido. A figura abaixo mostra o desenho da máscara atualmente utilizada.



Máscara do “oito”

3. Circuito

O circuito foi montado de forma a fazer um contador digital utilizando um display de OLED de sete segmentos.

Partindo-se do circuito contador comum, que possui uma lógica que gera números de zero a nove, contando em modo crescente ou decrescente e com velocidade variável, utilizado em displays de sete segmentos comerciais (feitos com LED), montou-se a lógica básica de funcionamento. A partir disto, o projeto do circuito precisou da criação de uma etapa de potência apropriada, a ser utilizado no display de OLED.

Essa etapa de potência teve de ser projetada de acordo com a necessidade dos dispositivos (displays de OLED) montados em nosso laboratório, que requerem tensões variando entre dois (2) e vinte e quatro (24) volts, porem, não contínuos. O sinal aplicado ao OLED, para um melhor aproveitamento do dispositivo, fazendo-o ter uma maior durabilidade, não deve ser contínuo (DC), mas deve fornecer energia suficiente para se ter alto brilho e em seguida deixa-lo desativado, de forma a prevenir o aquecimento e a degradação do dispositivo.

Optou-se então por uma fonte de pulsos, não simétrica, que após estudos preliminares a montagem do circuito, chegou-se a uma relação de ciclo de trabalho de um quarto de período, pulsando a 42 hertz.

O circuito possui os seguintes componentes (principais):

CD4510 – BCD UP / DOWN COUNTER

CD4511 – BCD TO 7 SEGMENT LATCH DECODER DRIVER

555

RESISTÊNCIAS DIVERSAS

CAPACITORES DIVERSOS

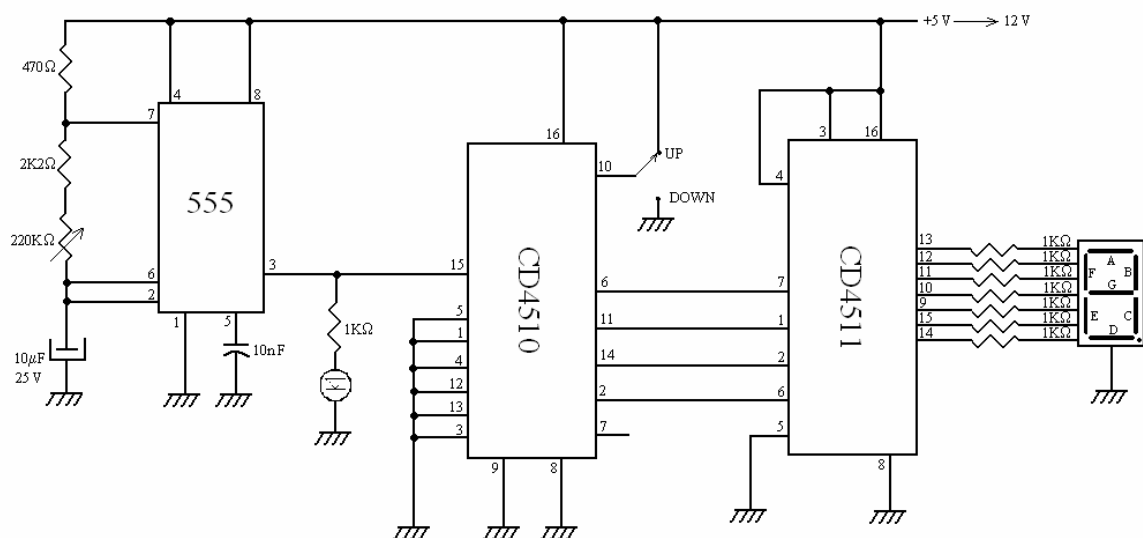
CHAVE UP / DOWN

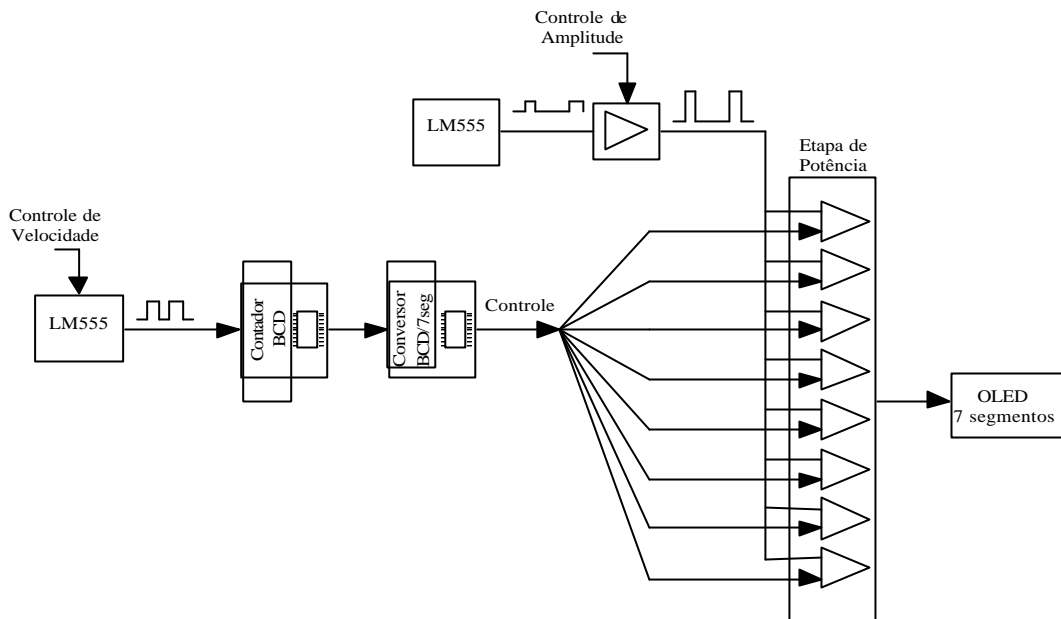
TRANSISTORES BC547 E BC548

REGULADORES 7805 E 7824

AMPLIFICADORES OPERACIONAIS LM358

Veja abaixo o esquema do circuito lógico e um digrama de blocos do circuito:





4. Montagem final dos circuitos

O circuito montado acima foi desenhado em um programa específico (PCB) para que fosse feito um circuito equivalente impresso. Esta parte do projeto foi importante, pois o circuito impresso ocupa um espaço bem menor do que o montado na protoboard.

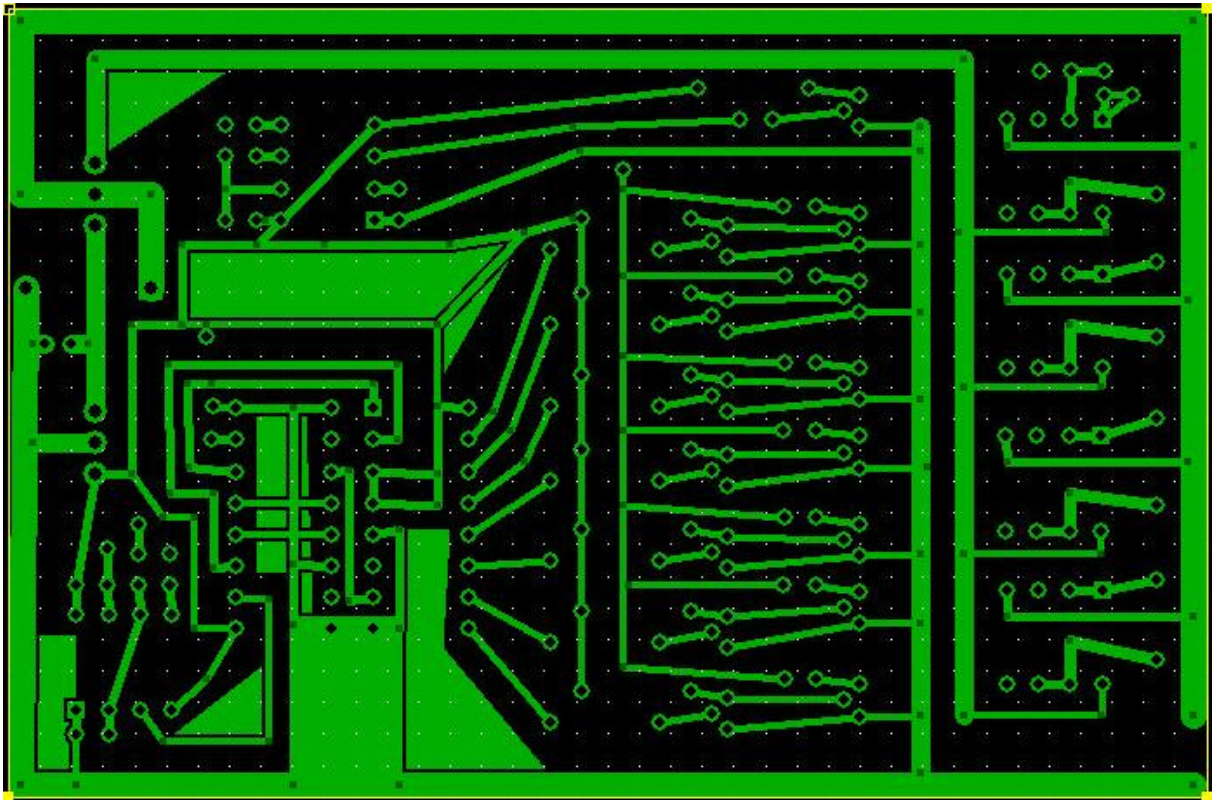
O circuito impresso foi colocado dentro de uma caixa onde será aparafusado e ligado a uma fonte de alimentação portátil. Nesta caixa há um local para encaixar-se o OLED. Também há uma chave para ligar e desligar e controles de tensão de alimentação e velocidade de contagem.

O circuito impresso foi feito da seguinte forma: primeiramente desenha-se o circuito que estava montado na protoboard, em um programa (PCB), para que fique mais fácil a visualização. Em seguida, em uma placa de fenolite com uma camada de cobre na superfície (específica para circuitos impressos), foi desenhado o circuito. O desenho foi feito com uma caneta do tipo “marcador permanente”, de forma que a tinta só poderia ser retirada com removedor. Em seguida é feita a corrosão do cobre que não será útil para o circuito. São feitos os furos para soldagem dos componentes e, por fim, todos os componentes são soldados em seus devidos lugares.

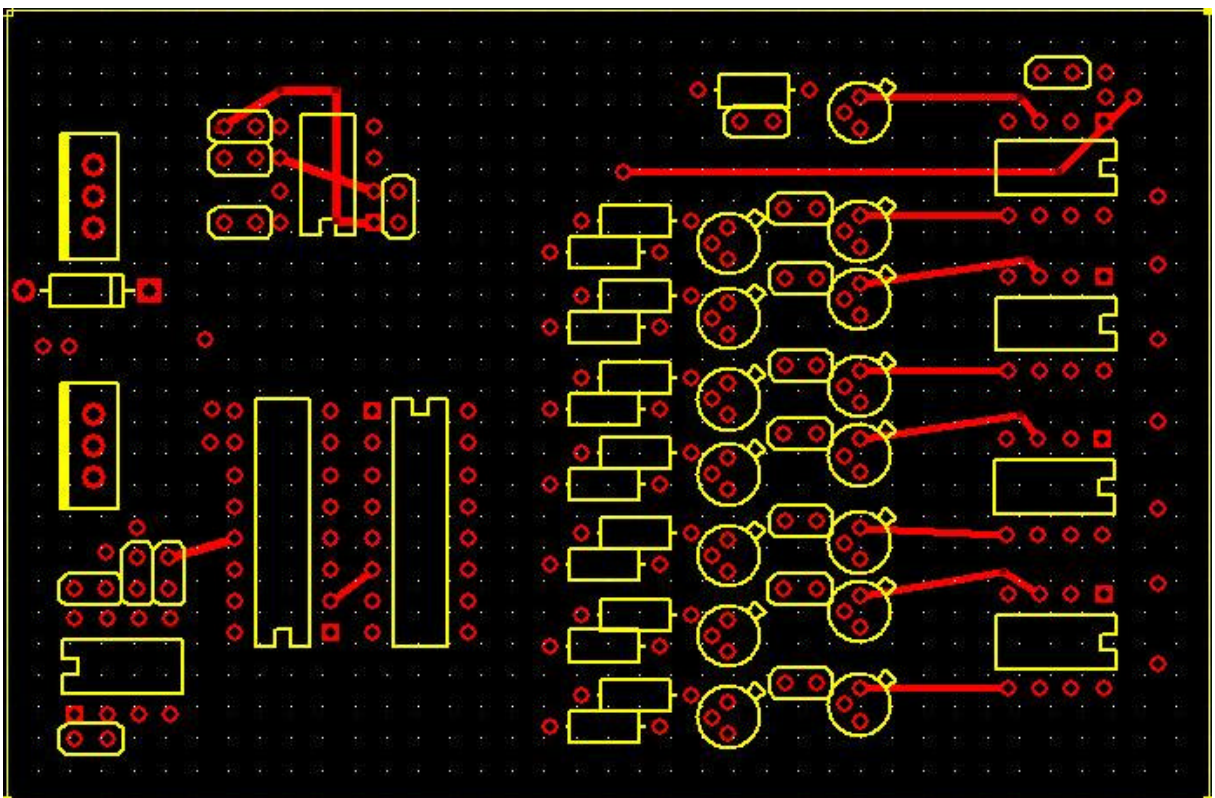
Após os testes de funcionamento, a placa, os potenciômetros e os conectores são acomodados dentro de uma caixa.

Abaixo estão as figuras da caixa finalizada e do circuito impresso.





Bottom Layer



Top Layer

IV – Conclusão –

A Iniciação Científica me permitiu ter contato com técnicas e métodos de análise de atividades experimentais, nas quais através da orientação do professor, posso participar ativamente.

Na primeira parte do projeto, houve uma melhora no resultado da corrosão do ITO. Isto se deve, principalmente, pelo aperfeiçoamento na forma de limpeza do substrato e por uma máscara melhor, usada no UV.

O resultado obtido foi satisfatório uma vez que provou ser possível a utilização de displays orgânicos em um circuito eletrônico de comando para um contador digital, podendo o procedimento ser estendido a outros tipos de mostradores de interesse comercial.

Além disso, verificou-se ser possível o desenvolvimento de displays contadores utilizando máscaras com o desenho específico (display de sete segmentos), através do processo da fotolitografia e máscaras adesivas, aperfeiçoados durante a execução do projeto.

Chegamos a conclusões importantes quanto a forma de alimentar os OLED's, tais como sinal a ser utilizado e sua frequência de operação de forma conseguir maximizar o brilho e o tempo de vida dos dispositivos.

Através da continuidade do projeto, pretende-se um aperfeiçoamento nas técnicas de litografia e de produção dos dispositivos e a criação de novos circuitos de comando a partir dos resultados obtidos, de forma a criar displays mais refinados, de melhor qualidade e maior complexidade.

Os trabalhos que desenvolvi nesta iniciação científica foram bem importantes para o meu crescimento acadêmico, pois pude ver na prática, certas coisas que até então só havia visto na teoria, além de exigir uma organização e compromisso para efetuar as pesquisas.