

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA ELÉTRICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

MANAUS-AM
2013



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

FACULDADE DE TECNOLOGIA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO

DEPARTAMENTO : DEPARTAMENTO DE ELETRÔNICA E COMPUTAÇÃO - DTEC

TÍTULO DE TRABALHO : BANCO DE TESTES EM UMA MATRIZ DE SENSORES DE
IMAGEM

ALUNO : ALEXANDRE KENNEDY PINTO SOUZA

INSTITUIÇÃO : UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS

PROFº ORIENTADOR : CARLOS AUGUSTO DE MORAES CRUZ

Manaus – AM 2013
LOCAL E DATA

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	4
1 ESTRUTURA DA MATRIZ DE PÍXEIS.....	5
1.1 ESQUEMÁTICO SENSOR DE PIXEL ATIVO (APS)	6
1.2 SELETOR DE LINHAS ROWSEL	7
1.3 SELETOR DE COLUNAS	9
1.4 CIRCUITO CTR_RST	10
1.4.1 CIRCUITO GERADOR DO SINAL DE CTR.....	10
1.4.2 CIRCUITO GERADOR DO SINAL RST	11
1.5 CIRCUITO TGATE	12
2 SETUP DE TESTES DA MATRIZ DE PIXELS.....	13
2.1 SIMULAÇÕES E RESULTADOS.....	15
CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

INTRODUÇÃO

Este relatório tem por finalidade demonstrar a estrutura de um sensor de imagem, dando ênfase aos testes e medições para a comprovação de dados teóricos. Na primeira etapa do trabalho está sendo apresentado toda a composição do sensor de imagem e funcionalidades das estruturas auxiliares da Matriz de Sensores de Pixel Ativo (APS), passando assim uma visão por completo do trabalho, posteriormente está sendo apresentado todos os procedimentos de testes e coleta de dados, adquiridos através de um setup de teste, nesta parte do relatório irá ser detalhado todo o processo de medida para o melhor entendimento da estrutura.

1 ESTRUTURA DA MATRIZ DE PÍXEIS

Primeiramente temos na figura 1 o seguinte esquemático do circuito elétrico da matriz de sensores de imagem composta de sessenta e quatro Sensores de Pixel Ativo (APS), dispostos em uma matriz quadrada contendo oito linhas e oito colunas.

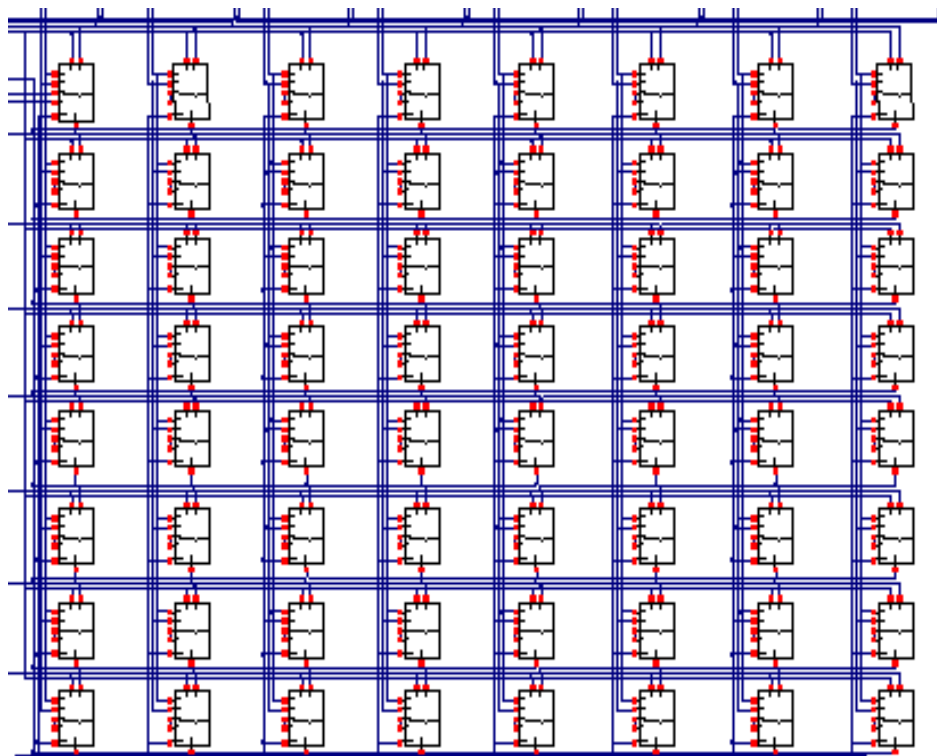


Figura 1: Circuito Elétrico da Matriz de Sensores de Imagem

Para o esquemático da figura 1, tem-se o seguinte layout projetado e desenvolvido para a matriz de sensores de imagem em forma integrada na tecnologia CMOS exibido na figura 2.

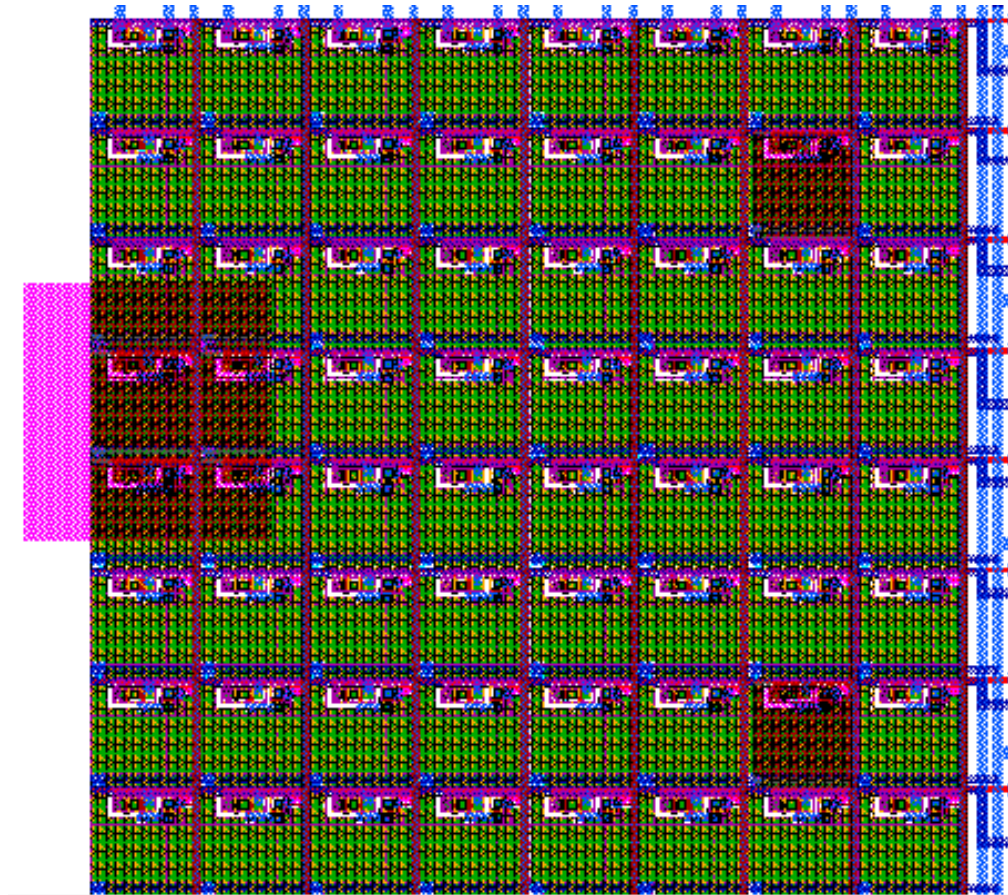


Figura 2: Layout Matriz de Sensores de Imagem

1.1 ESQUEMÁTICO SENSOR DE PIXEL ATIVO (APS)

Foi desenvolvido o seguinte esquemático em circuito elétrico para o sensor de pixel ativo. Como pode ser observado na figura 3, o sensor é composto de três transistores NMOS e um fotodiodo juntamente com os terminais de alimentação do sensor e os respectivos terminais de controle do pixel.

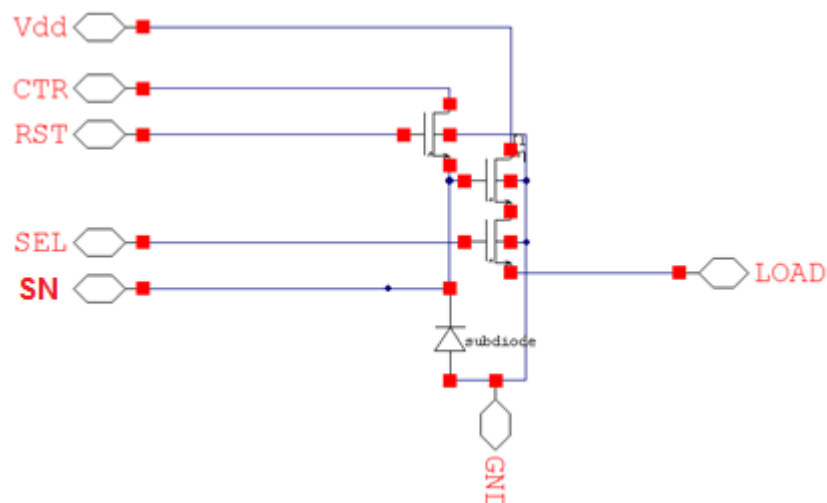


Figura 3: Esquemático Circuito Elétrico APS

O layout construído de forma integrada para um sensor de pixel ativo está apresentado na figura 4 com os respectivos terminais I/O assinalados que correspondem a sinais de alimentação e controle.

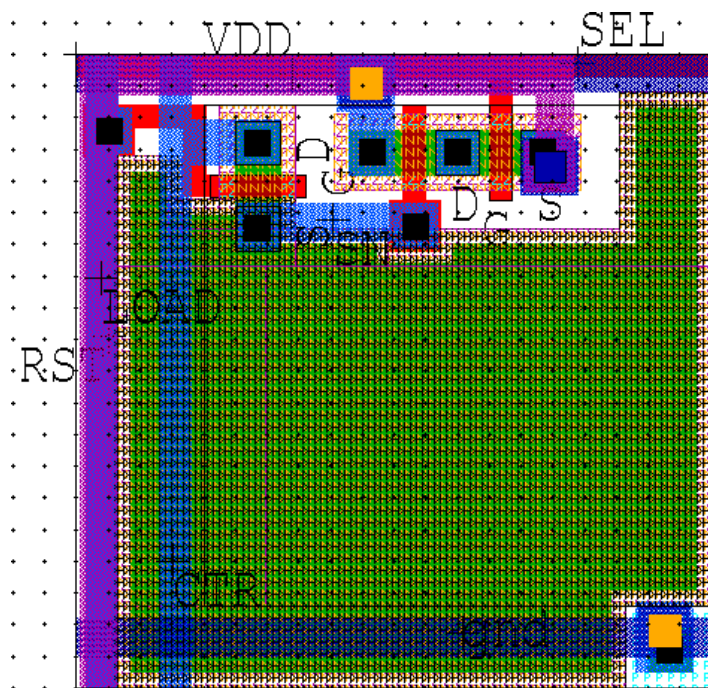


Figura 4: Layout Sensor de Pixel Ativo (APS)

1.2 SELETOR DE LINHAS ROWSEL

Para ser feita a leitura de toda matriz de pixel, foi desenvolvido estruturas de controle para a seleção de linhas e colunas. Temos abaixo na figura 5 o esquema de circuito elétrico do ROWSEL ou Seletor de Linhas. Esta estrutura funciona basicamente como um decodificador, onde para cada endereço de 3 bits aplicado na sua entrada uma única saída ficará ativa, neste caso sendo igual a uma linha da matriz de sensores de imagem fazendo assim uma varredura de oito linhas.

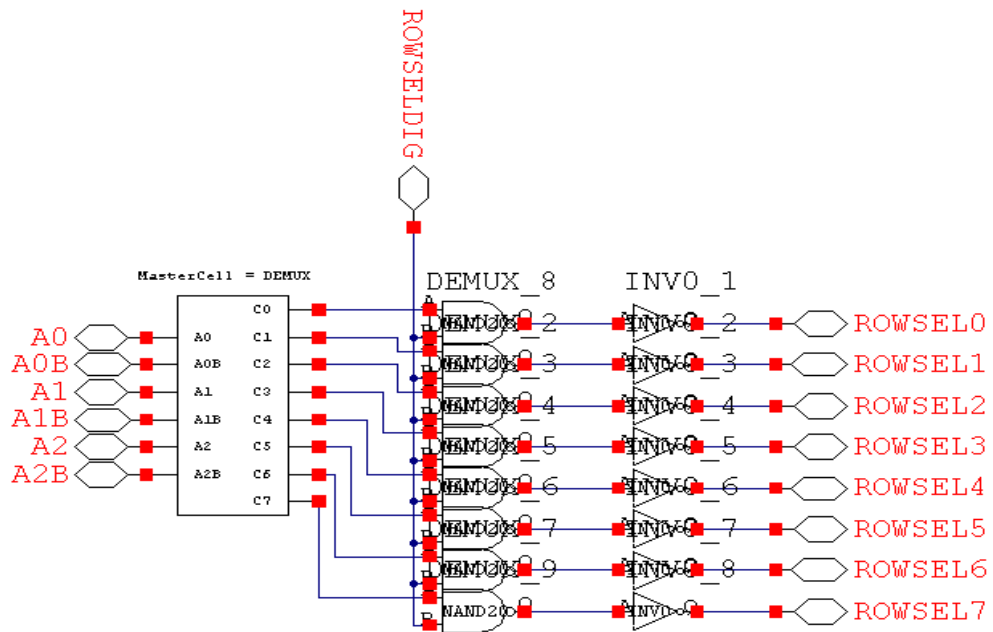


Figura 5: Esquemático Circuito RowSel

Temos exibido na figura 6 o layout de forma integrada, desenvolvido para o esquemático do circuito elétrico do RowSel mostrado acima na figura 5, a tecnologia utilizada para a construção do layout foi o processo CMOS.

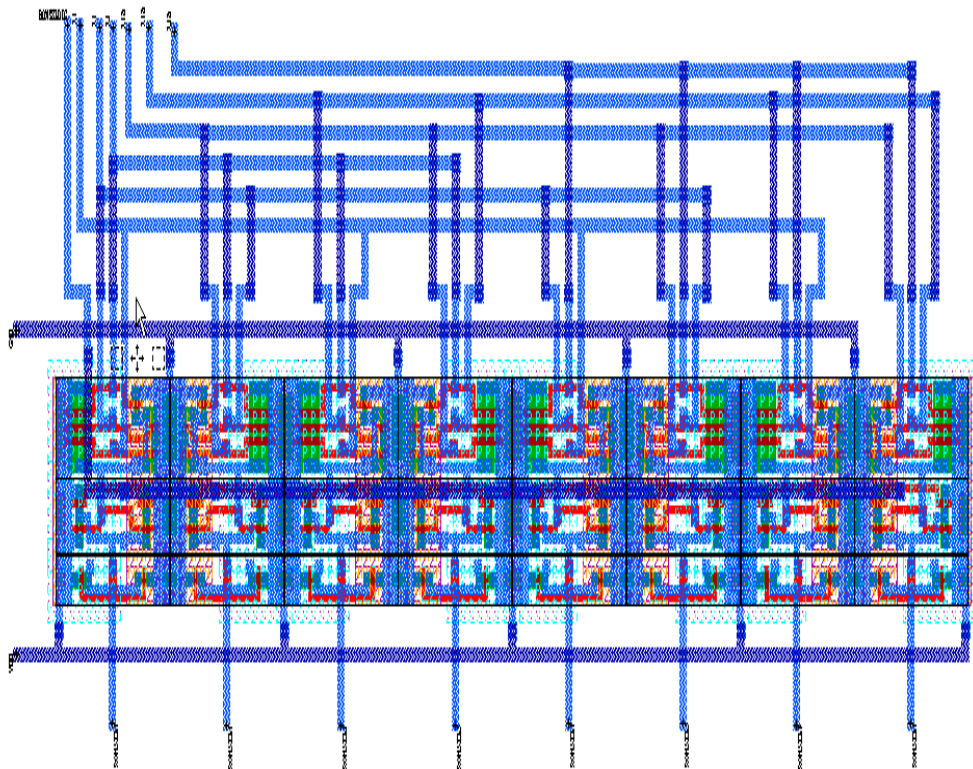


Figura 6: Layout Circuito ROWSEL

1.3 SELETOR DE COLUNAS

Da mesma forma que foi desenvolvido uma estrutura para seleção de linhas, também foi projetado um controle para a seleção de colunas da matriz denominado de COLSEL, mostrados nas figuras 7 e 8 que evidencia tanto o esquemático do circuito elétrico bem com o respectivo layout integrado.

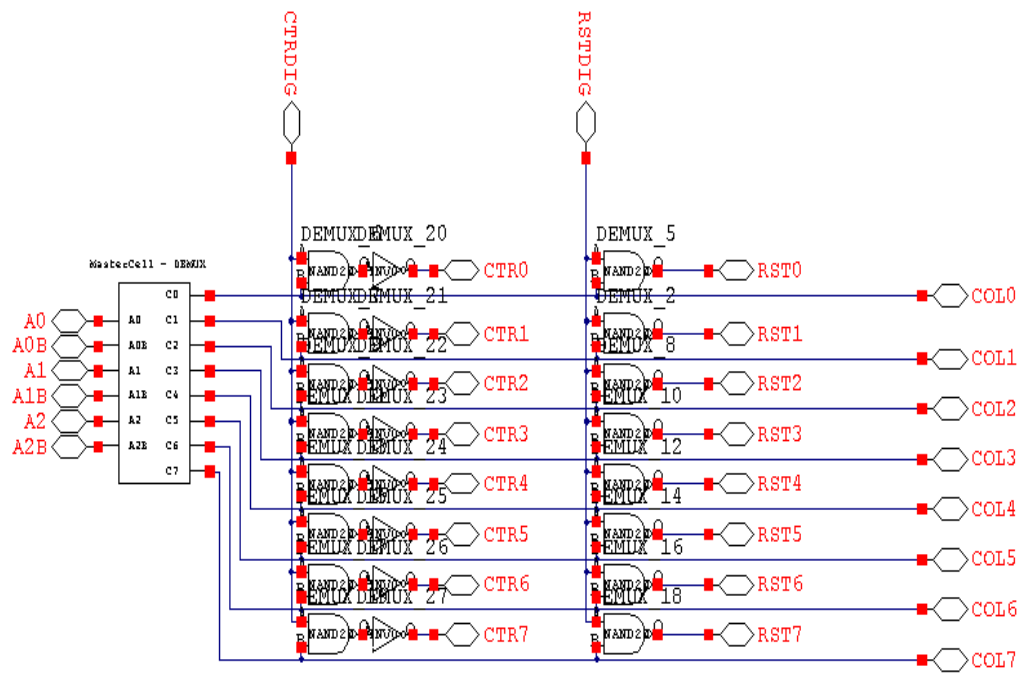


Figura 7: Esquemático Circuito COLSEL

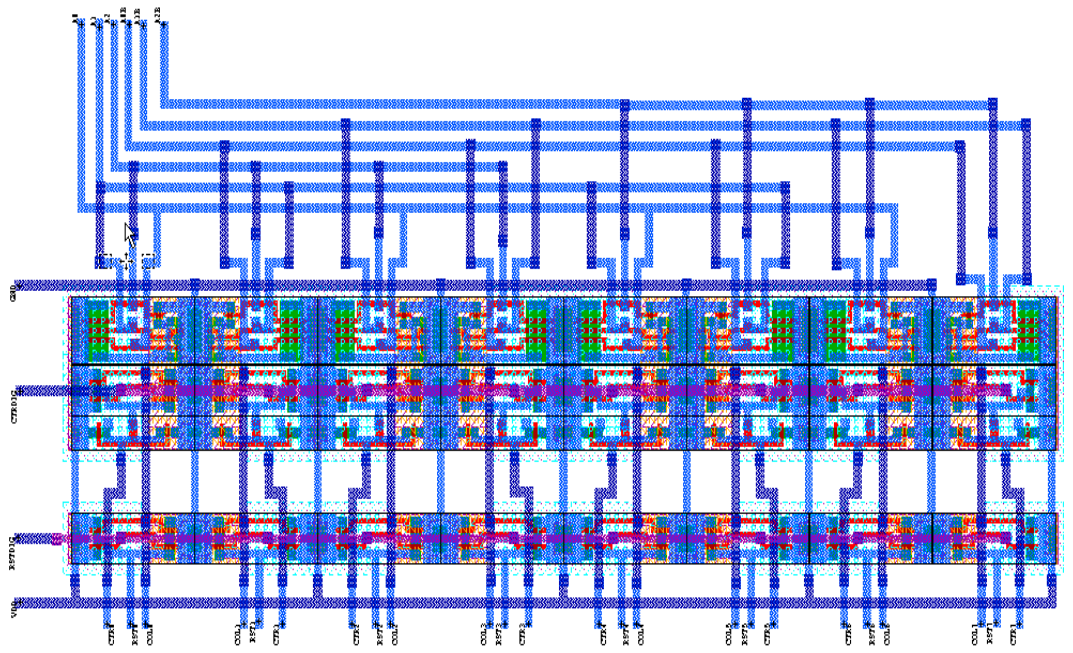


Figura 8: Layout Circuito COLSEL

O circuito COLSEL funciona de forma semelhante ao seletor de linhas, exercendo a função de codificador de colunas recebendo em sua entrada um conjunto de três bits de endereçamento e ativando uma saída de cada vez dependendo do endereço de entrada.

1.4 CIRCUITO CTR_RST

Para fazer o controle de cada pixel, tem-se a necessidade de gerar dois sinais de controle chamados de **CTR** e **RST**, para este fim, foram desenvolvidos dois circuitos elétricos, **Circuito CTR** e **Circuito RST** mostrados a seguir.

1.4.1 CIRCUITO GERADOR DO SINAL DE CTR

O seguinte esquemático em circuito elétrico e layout em forma integrada para a estrutura de controle do circuito **CTR**, foram implementados conforme demonstrado nas figuras 9 e 10, com os devidos terminais de entrada e saída conectados.

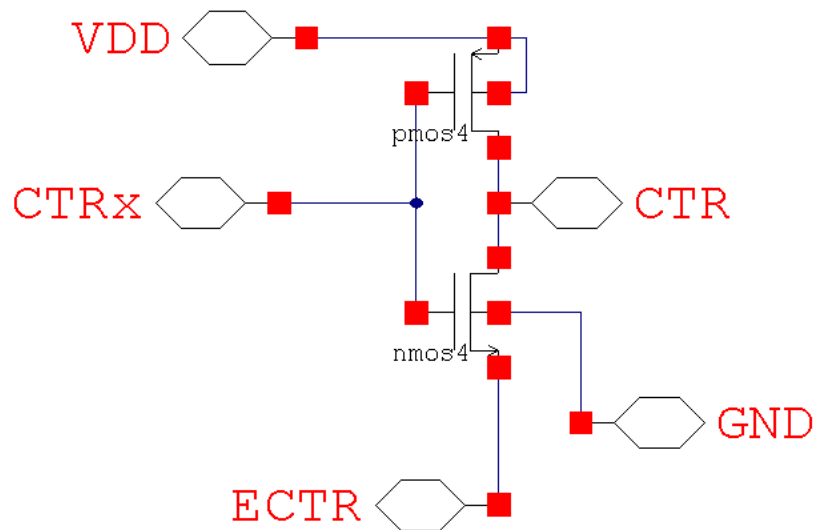


Figura 9: Esquemático do Circuito CTR

1.4.2 CIRCUITO GERADOR DO SINAL RST

A seguinte estrutura para o circuito gerador do sinal de reset está demonstrada, tanto em esquemático de circuito elétrico, bem como o layout em forma integrada, nas figuras 11 e 12.

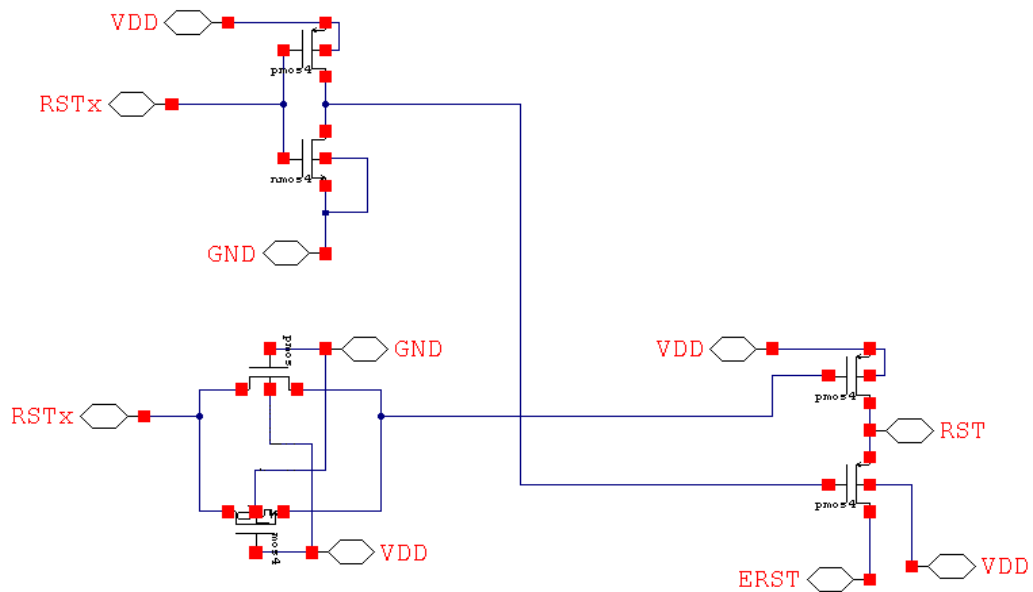


Figura 10: Esquemático Circuito RST

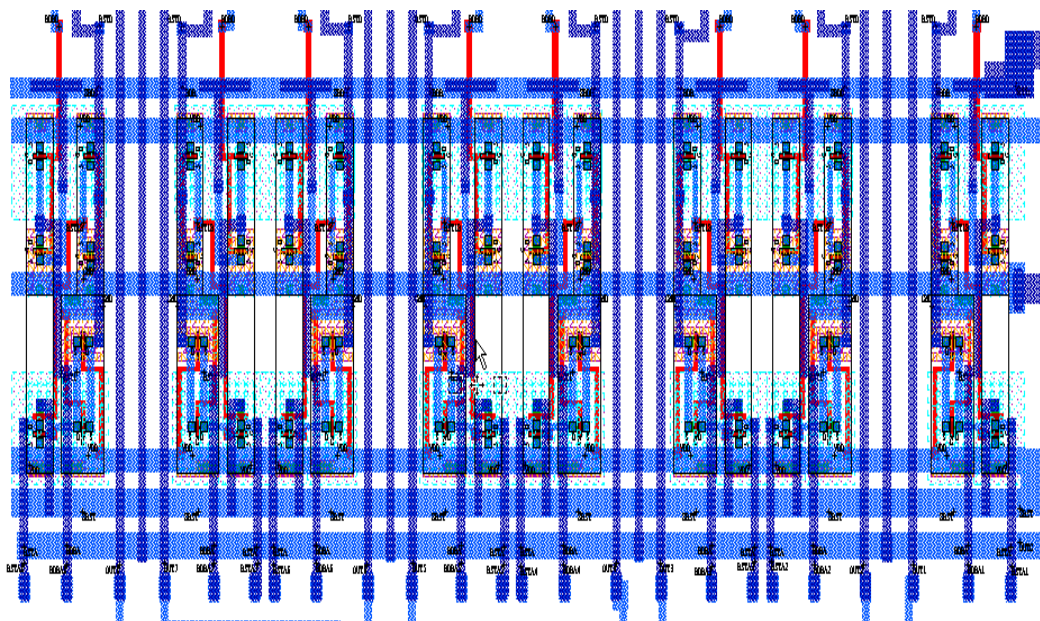


Figura 11: Layout Circuito CTR e RST

1.5 CIRCUITO TGATE

Conectado a cada coluna da matriz sensores de imagem tem-se um circuito **TGATE**, exercendo a função de uma porta de transmissão chaveada, deixando passar o sinal de tensão gerado por cada pixel da respectiva coluna selecionada, para a saída global denominada **GOUT**, de acordo com o sinal de **COL** desenvolvido no circuito **COLSEL**. Abaixo nas figuras 12 e 13 são exibidos o esquema em circuito elétrico e o layout da estrutura **TGATE**.

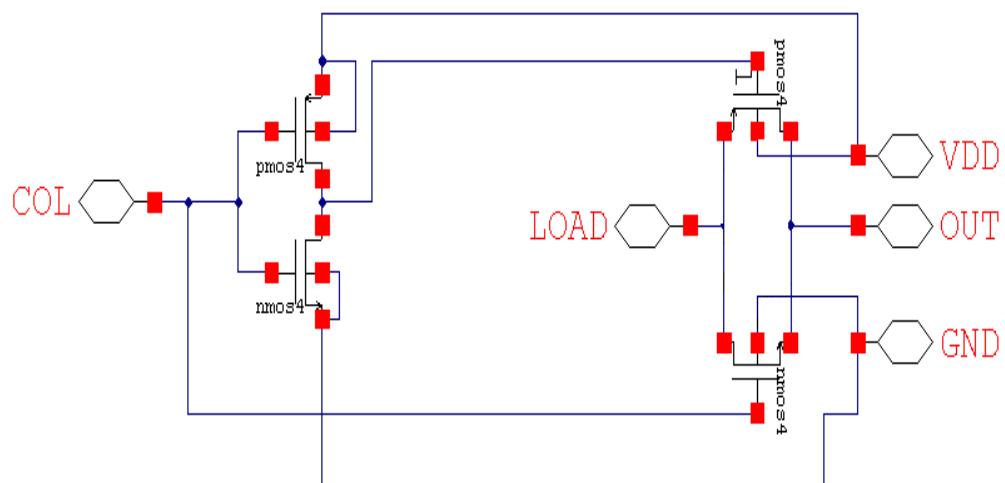


Figura 112: Esquemático Circuito TGATE

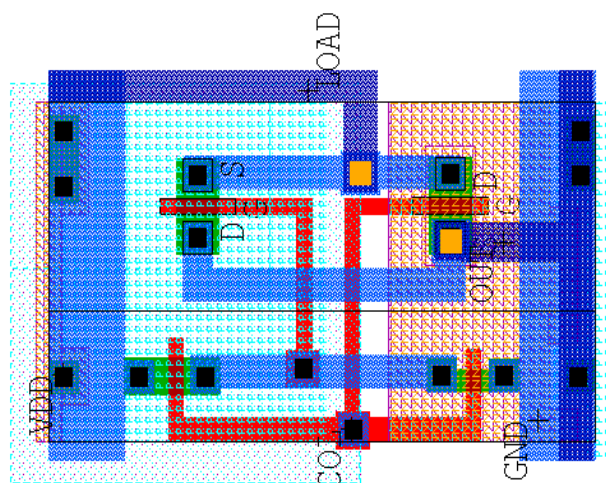


Figura 13: Layout Circuito TGATE

2 SETUP DE TESTES DA MATRIZ DE PIXELS

Para a realização de todos os teste e coleta de dados da matriz, foi montado um setup de teste.

Componentes do Setup de Teste

- Microcontrolador Arduino Uno
- Breadboards
- Resistores
- Leds Vermelhos
- Potenciômetro de Precisão
- Três CI's **CD4007M**
- Sockets 84 Pinos

Na figura 15 está demonstrado o setup de testes por completo com todos os componentes interligados ao chip de sensores de imagem, localizado na parte inferior da mesma, para o controle e coleta de dados.

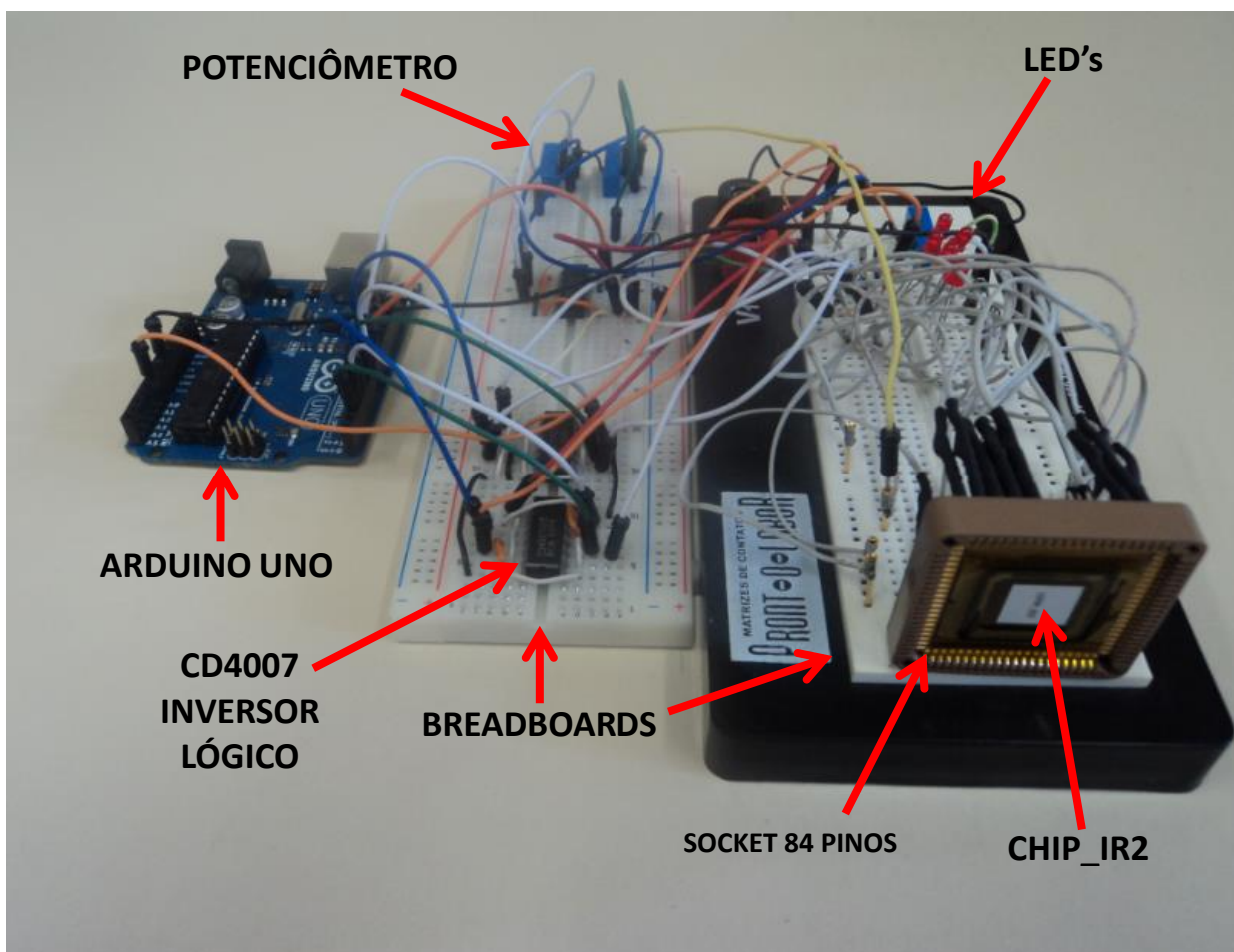


Figura 12- Setup de Teste

Os leds que aparecem na imagem possuem a função de indicadores de estados dos bits de endereçamento que chegam até o chip.

Temos também a presença de dois potenciômetros conectados aos dois inversores lógicos **CD4007**, que ajustam com precisão as tensões que polarizam os pixels contidos na matriz de sensores.

2.1 SIMULAÇÕES E RESULTADOS

Após expor nas seções anteriores toda a composição do Setup de Teste bem como a estrutura do Sensor de Imagem (Matriz de APS) e estruturas de controle da matriz, o procedimento seguinte realizado foi o de testes, coleta e análise de dados.

Temos o **Microcontrolador Arduino** sendo usado para a geração de bits de endereçamento, através das saídas digitais **A2, A3, A4, A5, A6 e A7**. Estes seis bits de endereçamento fazem a varredura da matriz ativando uma linha de cada vez, lendo todos os pixels da linha selecionada, ou seja, fazendo a varredura das colunas. Este processo se repete para toda a matriz nesta ordem, totalizando um número de 64 leituras. Estas leituras correspondem a intensidade de luminosidade que chega a cada pixel da matriz ou nível de tensão desenvolvido na saída de cada pixel, chegando a entrada analógica **A0** do Arduino. As saídas digitais **A8 e A9** do Arduino estão sendo utilizadas para gerar os sinais **RDR** e **RST**.

Para realizar o endereçamento e a leitura da matriz foi desenvolvido um código no Arduino apresentado abaixo.

Abaixo está exibido o código implementado no Microcontrolador ARDUINO UNO para o controle, leitura e pré-processamento de dados do chip, determinando tanto o valor de **FPN** (Fixed Pattern Noise) médio, um parâmetro inerente a matriz, bem como os níveis de tensão de cada pixel da Matriz APS.


```

/*
Este programa rastreia a Matriz de APS para determinar o FPN;
*/

int sensorPin = A0;  // select the input pin for the potentiometer
int sensorValue = 0; // variable to store the value coming from the sensor
float leituras [2][64];
float media, FPNfl;
float correct;
int i, j, k, FPN;
byte endereco;
int junk;

void setup ( ) {
    // declare the ledPin as an OUTPUT:
    DDRD = B11111111;
    Serial.begin(9600);
}

void loop ( ) {
    //Inicialização da media
    media = 0;
    for (i=0;i<8;i++)
    {
        for (j=0;j<8;j++)
        {
            leituras[1][(j+(8*i))]=0;
        }
    }
    //Fim da inicialização da media

    //Espera para pressionar uma tecla para iniciar as k leituras da matriz
    while (Serial.available() == 0)
    {
        delay (100);
    }
}

```

```

junk = Serial.read ();

//Fim da espera para pressionar uma tecla para iniciar as k leituras da matriz

for (k=0;k<10;k++)
{

    //Leitura dos pixels da Matriz
    for (i=0;i<8;i++)
    {
        for (j=0;j<8;j++)
        {

            PORTD = (j+(8*i)) << 2; //Atribui o valor de PORTD e desloca os dois primeiros
bits para operar de 3 a 7
            //PORTD = B10000001;
            leituras[0][(j+(8*i))] = analogRead(sensorPin);
        }
    }
    //Fim da leitura dos pixels da Matriz

    //Impressão da Matriz e Acumulo da Media
    Serial.print ("Leitura: ");
    Serial.println (k+1);
    for (i=0;i<8;i++)
    {
        for (j=0;j<8;j++)
        {
            leituras [1] [(j+(8*i))] = leituras[1][(j+(8*i))] + leituras [0][(j+(8*i))];
            Serial.print (leituras[0][(j+(8*i))]*0.00489, 3);
            //Serial.print (leituras[0][(j+(8*i))]);
            if (j<7) Serial.print ("; ");
        }
        Serial.println ();
    }
}

```

```

    }
    Serial.println ();
    //Fim da impressão da Matriz e Acumulo da Media
}

//Impressão da Média
Serial.println ("Matriz de Media da Leituras: ");
for (i=0;i<8;i++)
{
    for (j=0;j<8;j++)
    {
        media = media + (leituras[1][(j+(8*i))]);
        Serial.print ((leituras[1][(j+(8*i))]*0.00489)/k, 3);
        if (j<7) Serial.print (" ");
    }
    Serial.println ();
}
Serial.println ();
Serial.print ("Media dos Pixels: ");
Serial.print ((media/(64*k))*0.00489, 3);
Serial.println ();
Serial.println ();
//Fim da impressão da Média

//Impressão do FPN
Serial.println ("Mascara de FPN: ");
for (i=0;i<8;i++)
{
    for (j=0;j<8;j++)
    {
        Serial.print((((leituras[1][(j+(8*i))]*0.00489)/k)- (media*0.00489)/(64*k))), 5);
        if (j<7) Serial.print(" ");
    }
    Serial.println ();
}

```

```

}
Serial.println ();
Serial.println ();
//Fim da impressão do FPN
//Impressão do FPN
Serial.println ("Mascara de FPN calibrada pela precisão do ADC = 0.00489 V: ");
for (i=0;i<8;i++)
{
    for (j=0;j<8;j++)
    {
        correct = (((leituras[1][(j+(8*i))])/k)- (media/(64*k)));
        FPN = correct;
        if ((int)(correct*10)-(FPN*10) < 5 && (int)(correct*10)-(FPN*10) > -5)
//Vefifica a precisão decimal para arredondamento  $x < -0.5$  e  $x > 0.5$ 
        {
            FPN = FPN;
        }
        else
        {
            if ((int)(correct*10)-(FPN*10) >= 5) FPN = FPN + 1;
            else FPN = FPN - 1;
        }
        //Fim do arredondamento;
        FPNfl = FPN;
        Serial.print (FPNfl * 0.00489, 3);
        if (j<7) Serial.print (" ");
    }
    Serial.println ();
}
Serial.println ();
Serial.println ();
//Fim da impressão do FPN
}

```

Abaixo estão exibidos alguns resultados dos valores de tensão que foram desenvolvidos em cada pixel e a respectiva escala de cinza da máscara para uma melhor análise comparativa da imagem capturada. Percebe-se nitidamente o efeito do FPN em cada pixel, ou seja, sob a influência de uma luminosidade uniforme chegando a cada pixel da matriz APS, os pixels apresentaram níveis de tensão diferentes.

Níveis de Tensões Máscara 1							
1,574	1,556	1,501	1,621	1,585	1,428	1,564	1,529
1,466	1,603	1,458	1,513	1,553	1,407	1,536	1,493
1,525	1,472	1,311	1,477	1,509	1,399	1,602	1,56
1,51	1,517	1,434	1,52	1,546	1,42	1,624	1,592
1,524	1,523	1,426	1,567	1,528	1,422	1,597	1,608
1,478	1,473	1,426	1,438	1,485	1,365	1,484	1,391
1,444	1,584	1,321	1,476	1,429	1,36	1,446	1,398
1,438	1,423	1,369	1,422	1,457	1,31	1,415	1,373

Figura 16-Níveis de Tensão em Cada Pixel da Matriz APS

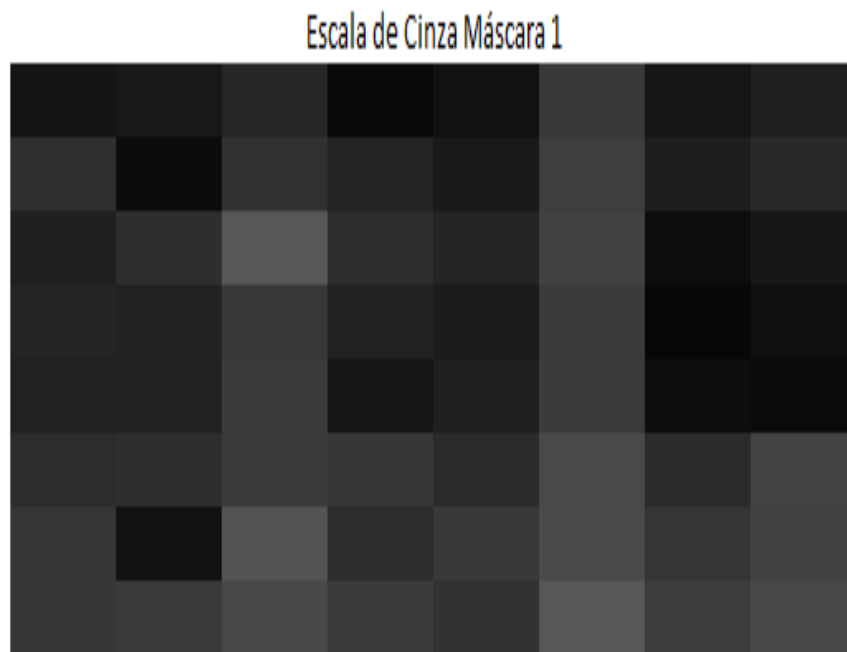


Figura 147- Escala de Cinza Máscara 1

As figuras 17 e 18 representam o comportamento do sensor em baixa luminosidade. Temos nas figuras 19, 20, 21 e 22 outros resultados experimentais para altas luminosidades que chegam até a matriz.

Níveis de Tensões Máscara 2							
0,925	0,944	0,891	0,982	0,944	0,826	0,92	0,9
0,909	0,901	0,856	0,915	0,978	0,813	0,934	0,895
0,925	0,911	0,78	0,891	0,909	0,822	0,939	0,886
0,896	0,876	0,801	0,905	0,924	0,802	0,949	0,994
0,939	0,899	0,832	0,934	0,942	0,83	0,913	0,924
0,909	0,905	0,861	0,884	0,899	0,779	0,922	0,882
0,904	0,914	0,818	0,924	0,919	0,848	0,915	0,874
0,906	0,874	0,824	0,913	0,923	0,792	0,895	0,866

Figura 18- Níveis de Tensões em cada Pixel da Matriz APS

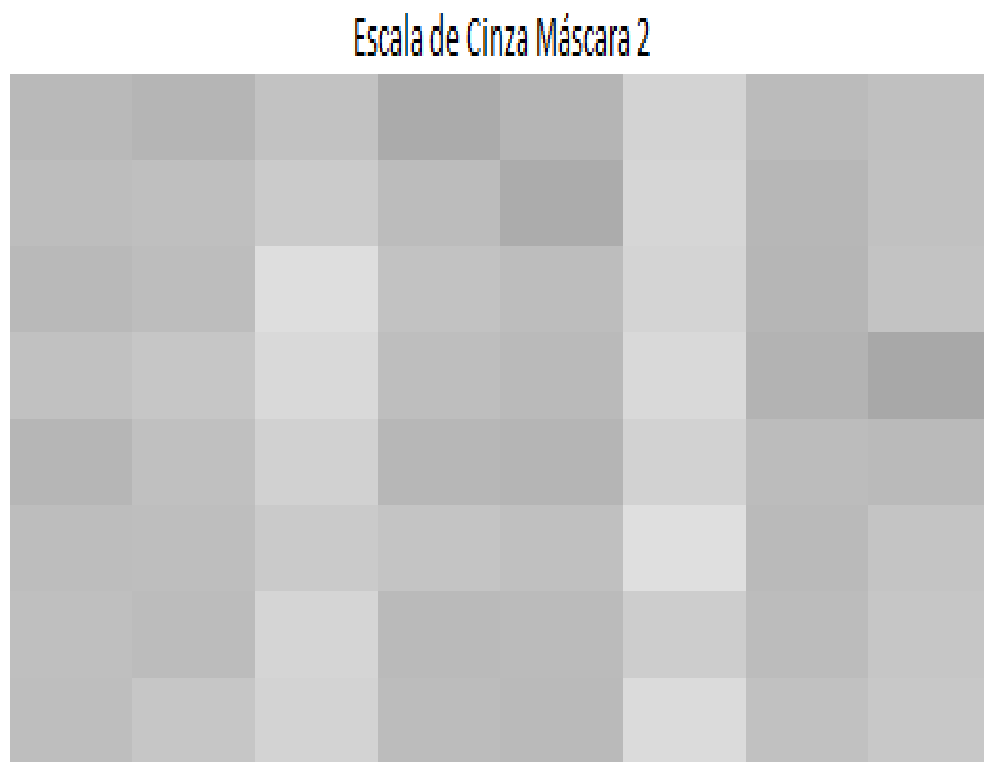


Figura 19- Escala de Cinza Máscara 2

Níveis de Tensões Máscara 3							
0,818	0,838	0,787	0,88	0,878	0,886	1,059	1,018
0,806	1,377	0,758	0,817	0,881	0,78	1,031	0,989
0,826	0,811	0,689	0,793	0,821	0,923	1,37	1,381
0,798	0,782	0,714	0,829	0,899	0,903	1,464	1,495
0,841	0,802	0,745	0,86	0,865	0,857	1,362	1,467
0,806	0,801	0,763	0,799	0,835	0,752	0,938	0,914
0,801	1,283	0,721	0,828	0,849	0,816	0,913	0,848
0,806	0,776	0,729	0,816	0,848	0,813	1,007	0,974

Figura 20- Níveis de Tensões em Cada Pixel da Matriz dde APS

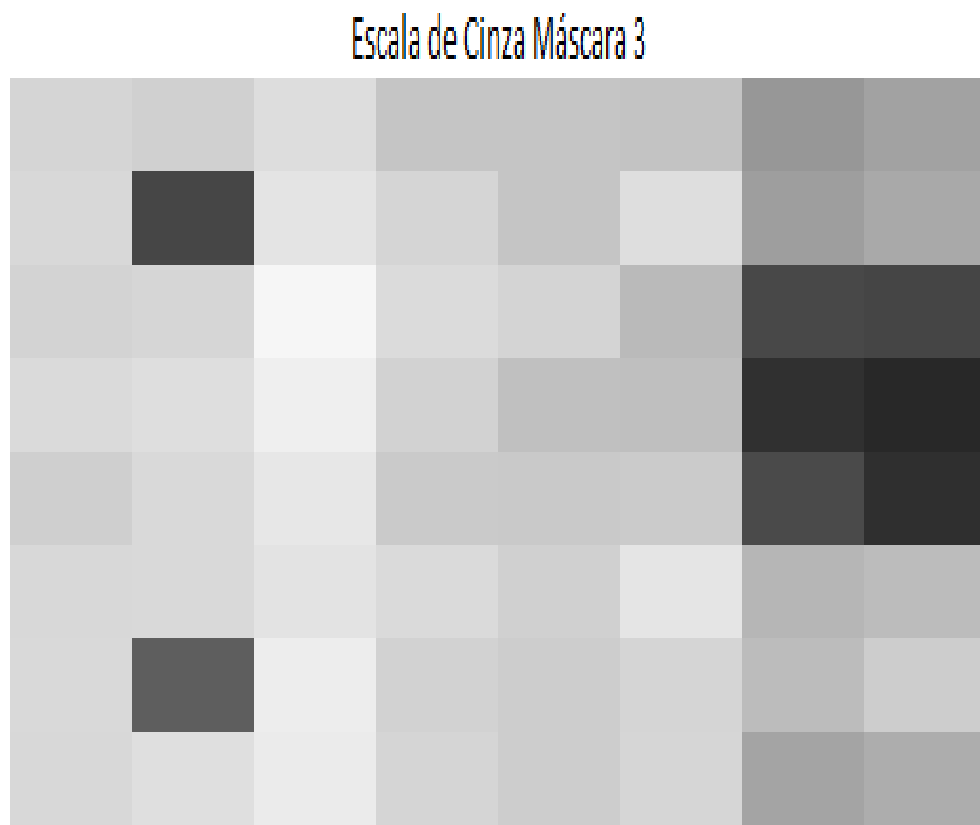


Figura 21- Escala de Cinza Máscara 3

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho observou-se um fluxo completo de atividades de um projeto e desenvolvimento de um circuito integrado, ou seja, foram apresentados esquemas de circuitos elétricos e layouts em forma integrada das diversas estruturas que compõem o sensor de Imagem, dando ênfase aos testes e coleta de dados e montagem de uma estrutura de setup de teste para este propósito.

As atividades realizadas neste trabalho promoveram experiências práticas a respeito das atividades referentes à área de engenharia elétrica agregando conhecimentos para a vida profissional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Carlos A. de Moraes Cruz, Davies W. de Lima Monteiro, Gilles and Alexandre K. P. Souza, "Simple Technique to Reduce FPN in a linear-logarithm APS", "In 2013 Internacional Image Sensor Workshop (IISW)", Snowbird, Utah, USA, June, 2013.