



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

JACKSON HENRIQUE ARANHA DOS SANTOS

SENSORES DE COR
Uma Abordagem Teórica

Campina Grande, Paraíba

Julho de 2011

JACKSON HENRIQUE ARANHA DOS SANTOS

SENSORES DE COR
Uma Abordagem Teórica

*Trabalho de Conclusão do Curso submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração:

Orientador:

Professor Edmar Candeia Gurjão, PhD.

Campina Grande, Paraíba
Julho de 2011

JACKSON HENRIQUE ARANHA DOS SANTOS

SENSORES DE COR

Uma Abordagem Teórica

*Trabalho de Conclusão do Curso submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração:

Aprovado em / /

Professor Avaliador

Universidade Federal de Campina Grande

Avaliador

Professor Edmar Candeia Gurjão, PhD.

Universidade Federal de Campina Grande

Orientador, UFCG

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me guiado e protegido até hoje e por ter me concebido a paciência e persistência necessária para concluir este trabalho.

Agradeço aos meus pais, Sr. Francisco Aranha e Sra. Verônica Xavier, irmãos, Jefferson Aranha e Alisson Aranha, tios e tias por não medirem esforços durante toda essa jornada e principalmente pela compreensão nos momentos de dificuldade, estresse e de noites mal dormidas.

Agradeço aos meus amigos e colegas de curso pelas inúmeras horas de estudo, de onde surgiram variadas idéias, histórias e boas risadas. Pela companhia em muitas noites de festas de onde tiramos boas lições e criei novas amizades.

Não posso deixar de agradecer a minha namorada que nestes últimos dois anos me deu suporte em suas diversas formas, e por me tornar mais focado no curso.

Agradeço também a toda minha família, que com todo carinho e apoio, não mediu esforços para eu chegar a esta etapa da minha vida.

Agradeço ao Professor Edmar Candeia por compreender e se dispôr a me orientar mesmo depois de um longo tempo sem que eu desse resposta.

Por fim agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a minha formação acadêmica.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema RGB	11
Figura 2 – LDR.....	13
Figura 3 - Gráfico Resistência x Luminosidade	13
Figura 4 - Gráfico Corrente x Luminosidade.....	14
Figura 5 - - Bloco Lógico da Operação lógica E.....	15
Figura 6 - Bloco Lógico da Operação lógica OU.....	16
Figura 7 - Bloco Lógico da Operação lógica NÃO	17
Figura 8 - Sistema RGB de cores.....	18
Figura 9 - Circuito Elétrico Base para o Sensor de Cores	19
Figura 10 - Detector de Cores	20
Figura 11 - Circuito Elétrico do Sensor de Cores	20
Figura 12 - - Circuito Teste para o sensor de cores	21
Figura 13 - Efeito das lentes sobre o transmissor e o receptor	23
Figura 14 - Detecção difusa.....	24
Figura 15 - Zona "cega" do sensor de detecção difusa	26
Figura 16 - Curva típica para um sensor de detecção difusa	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela da Verdade Função Lógica E	16
Tabela 2 - Tabela da Verdade Função Lógica OU	16
Tabela 3 - Tabela da Verdade Função Lógica NÃO.....	17
Tabela 4 - Expressões Lógicas	18

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CMYK - Abreviatura do sistema de cores formado por Ciano (Cyan), Magenta (Magenta), Amarelo (Yellow) e Preto ("K"ey). (Wikipédia, a enciclopédia livre, 2011).

HSB - Abreviatura do sistema de cores cujos parâmetros principais são Hue(Matriz), Saturation(Saturação) e Brightness(Brilho). (Breve, 2011).

LDR - *Light Dependent Resistor* ou em português *Resistor Dependente de Luz*. (Wikipédia, a enciclopédia livre, 2011).

Lab - Modelo de cores baseado na maneira pela qual a cor é percebida pelo olho humano. (Breve, 2011).

LED – Light Emitting Diode em tradução livre para o português temos: diodo emissor de luz. (Wikipédia, a enciclopédia livre, 2011).

RGB – “Abreviatura do sistema de cores aditivas formado por Vermelho (Red), Verde (Green) e Azul (Blue)”. (Wikipédia, a enciclopédia livre, 2011).

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS.....	4
LISTA DE FIGURAS.....	5
LISTA DE TABELAS.....	6
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	7
CAPÍTULO 1	9
1.1 Introdução	9
CAPÍTULO 2	10
2.1 Sensores de Cor.....	10
2.1.1 Classificação	10
2.1.2 Características	10
2.2 Sistemas de cores	11
CAPÍTULO 3	13
3.1 Sensor de cor analógico: Fotoresistor LDR.....	13
3.1.1 Sensor de Cores baseado na Álgebra de Boole.....	14
3.1.1.1 Álgebra de Boole	14
CAPÍTULO 4	18
4.1 Modelagem	18
4.1.1 Modelagem do circuito baseado na Álgebra de Boole	18
CAPÍTULO 5	22
5.1 Sensores de cor digitais: Fototransistor	22
5.1.1 Componentes básicos	22
5.1.2 Modos de Detecção Fotoelétrica	24
5.1.3 Especificações dos Sensores digitais de cor	25
CAPÍTULO 6	28
Conclusão	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	30

CAPÍTULO 1

1.1 Introdução

Sensores são dispositivos eletrônicos sensíveis a mudanças de estado. Eles são capazes de converter grandezas físicas em sinais elétricos. Alguns exemplos de grandezas físicas mensuradas por sensores são posição, temperatura, velocidade, nível, cor, pH, entre outros.

Os sensores estão amplamente difundidos em nosso dia-a-dia e principalmente no meio industrial onde grande parte da automação industrial se deve ao uso dos mesmos. Em nosso cotidiano encontramos diversos sensores, mas que por muitas vezes passam despercebidos por nós. Sensores fotoelétricos utilizados na iluminação pública, sensores de presença e de chuva utilizados em automóveis e sensores infravermelhos utilizados para ligar eletroeletrônicos via controle remoto são apenas algumas das muitas aplicações de sensores em nosso cotidiano.

Por ser bastante amplo o estudo sobre sensores iremos aqui focar no estudo de um único tipo de sensor, o sensor de cores, cuja função é detectar a cor de objetos à certa distância dos mesmos. Esta é apenas uma das diversas aplicações dos sensores fotoelétricos que abrangem, entre outras, aplicações como a detecção por infravermelho, os sensores a laser, amplificação para fibras óticas etc.

O objetivo deste trabalho é apresentar os vários tipos de sensores de cores e o seu princípio de funcionamento e determinar qual destes é o mais apropriado para a aplicação desejada. Aplicação esta que é separar caixas de cores diferentes que estão sobre um determinado transporte.

CAPÍTULO 2

2.1 Sensores de Cor

Sensores de Cor são sensores fotoelétricos cuja função básica é detectar a cor de objetos que passam por ele. Eles operam detectando uma mudança na quantidade de luz recebida por um detector de luz. A mudança na luz permite que o sensor detecte a presença ou a ausência do objeto, bem como sua cor.

Os sensores de cor partem do princípio que todos os materiais refletem uma intensidade de luz que depende de sua cor. Desta forma, objetos produzidos a partir do mesmo material e com cores diferentes refletem a luz com intensidade diferente.

2.1.1 Classificação

. Estes sensores podem ser classificados em analógicos ou digitais. Os sensores analógicos podem assumir quaisquer valores no seu sinal de saída ao longo do tempo, desde que estes valores estejam dentro de sua faixa de operação enquanto que os sensores digitais assumem apenas dois valores de saída ao longo do tempo.

2.1.2 Características

Algumas características devem ser destacadas para este tipo de sensor. Sua sensibilidade, precisão, alcance e velocidade de resposta são itens bastante importantes para determinar o quão sofisticado ele é e conseqüentemente mais oneroso.

- **Sensibilidade:** diz respeito à facilidade com que o sensor pode detectar a presença de uma determinada cor;

- **Precisão:** está relacionada a faixa de variação de uma cor (tonalidades de uma cor) que pode ser detectada pelo sensor;
- **Alcance:** Representa toda a faixa de valores de entrada.
- **Velocidade de resposta:** Velocidade com que a medida do sensor alcança o valor real do processo.

2.2 Sistemas de cores

Entender como se dá a formação das cores é de grande importância para o estudo dos sensores de cor. É a partir deste conhecimento que muitos sistemas estão sendo desenvolvidos e implementados atualmente.

Todas as cores do espectro visível são formadas a partir das chamadas cores aditivas, Vermelho, Verde e Azul que são a base para todas as outras cores. Alterando-se as concentrações de cada uma das cores primárias, têm-se todas as demais. É importante saber que concentrações nulas das três cores aditivas originam o preto, que, ao contrário do que muitos falam, não é uma cor e sim a ausência de cor. Por outro lado concentrações máximas (definidas pelo sistema RGB) das três cores aditivas formam o branco, que é a soma de todas as cores. Concentrações iguais das três cores aditivas formam os tons de cinza que podem ser mais escuros, quando as concentrações forem menores, e mais claros, quando as concentrações forem maiores.

Muitos sistemas de cores como: RGB, CMYK, HSB, Lab, entre outros são utilizados nas mais diversas aplicações. A tecnologia utilizada nos sensores de cor baseia-se principalmente no sistema de cores RGB.

O sistema de cores RGB é chamado de modelo aditivo, pois a adição de todas as cores formadas neste sistema origina a cor branca. Ele é um modelo no qual o vermelho, o verde e o azul, que são as cores primárias, são combinadas de várias maneiras para reproduzir outras cores. O nome do modelo é a abreviação destas três cores: vermelho, verde e azul escritas em inglês (Red, Green e Blue). A figura 1 representa este sistema.

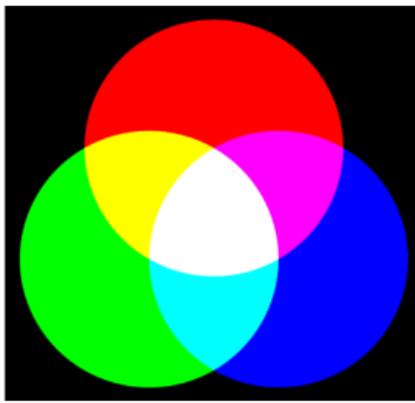


Figura 1 - Representação do Sistema de Cores RGB (Quark67, 2006)

CAPÍTULO 3

3.1 Sensor de cor analógico: Fotoresistor LDR

LDR, Light Dependent Resistor, como o próprio nome diz, é um tipo de resistor cujo valor de sua resistência varia com a intensidade da radiação eletromagnética que incide sobre ele. A intensidade luminosa e a resistência deste resistor se relacionam segundo o gráfico da figura 3:

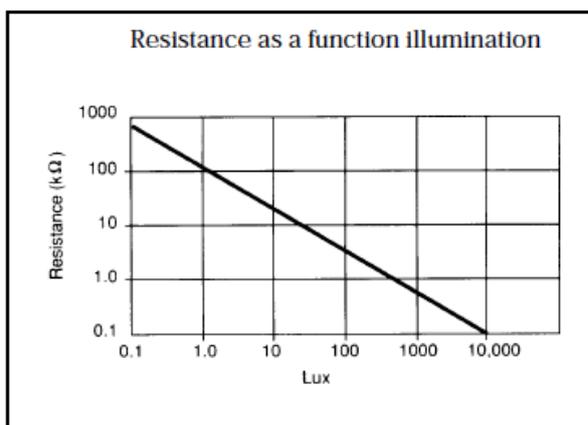


Figura 3 - Gráfico Resistência x Luminosidade (RS Components Ltd, 2011)



Figura 2 – LDR (BenTheWikiMan, 2006)

A variação da resistência do LDR, de acordo com o gráfico da figura 3, é inversamente proporcional a intensidade luminosa. Resistência esta que está na faixa de 10^2 a 10^6 Ohms e obedece a equação 1 logo a seguir:

$$R = C \times L \times a$$

Equação 1- Cálculo da resistência elétrica do LDR

Onde:

L: É a luminosidade em Lux;

C e a: São constantes dependentes do processo de fabricação e do material utilizado.

É fácil perceber que quanto maior a resistência do LDR menor é a corrente que circula por ele e vice-versa. O gráfico da figura 4 relaciona a intensidade luminosa que incide sobre o dispositivo e a corrente elétrica que passa por ele.

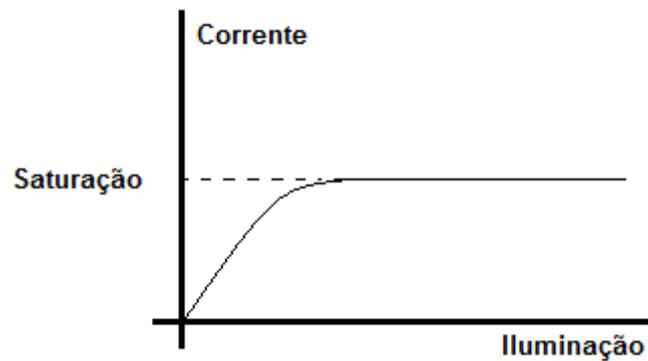


Figura 4 - Gráfico Corrente x Luminosidade (Scribd Inc, 2006)

Analisando o gráfico da figura 4 observamos que os LDRs possuem uma região de saturação que é a região onde independentemente do aumento da intensidade luminosa que incide sobre ele o valor de sua resistência praticamente não muda, caracterizando assim, um valor de resistência mínima e conseqüentemente uma corrente de valor máximo passando por ele.

Existem varias formas de se construir um sensor de cores utilizando LDRs. Iremos aqui apresentar uma forma simplista e bastante fácil de implementar este circuito. Ele baseia-se no estudo dos circuitos lógicos e é formado a partir das portas lógicas fundamentais E e NEGAÇÃO. Este circuito será descrito logo a seguir:

3.1.1 Sensor de Cores baseado na Álgebra de Boole

Para a construção do sensor de cores baseado na álgebra de Boole faz-se necessário uma pequena introdução destes circuitos lógicos. A seguir será apresentado um pequeno resumo teórico sobre álgebra de Boole.

3.1.1.1 Álgebra de Boole

A álgebra de Boole foi desenvolvida pelo matemático e filósofo inglês George Boole (1815-1864). Trata-se de estruturas que permitem a manipulação das expressões lógicas de uma forma algébrica. Essas estruturas

são capazes, vamos dizer assim, de capturar a essência das operações lógicas, bem como das operações da teoria dos conjuntos.

A álgebra de Boole é formada por um conjunto de postulados e operações lógicas que utilizam variáveis binárias e que se assemelham bastante com operações aritméticas comuns. Foi devido a isto que ela se tornou a forma mais simples e eficiente de lidar com expressões criadas a partir de proposições. Com um pequeno número destas operações é possível chegar a uma infinidade de operações de maior complexidade, como por exemplo, as utilizadas nos computadores.

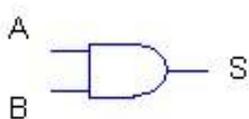
É interessante observar que alguns símbolos utilizados na álgebra de Boole são idênticos aos utilizados na Álgebra comum, mas não são necessariamente coincidentes.

As operações lógicas fundamentais da álgebra de Booleana são:

3.1.1.1 Operação Lógica E

A proposição resultante da operação lógica E de duas proposições será verdadeira se e somente se ambas forem verdadeiras. Em termos de circuitos lógicos podemos dizer que a saída estará em nível alto apenas se ambas as entradas estiverem em nível alto.

O seu operador mais utilizado é similar à multiplicação comum, com correspondência plena. A figura 5 e a equação 2 representam respectivamente o bloco lógico e a expressão lógica desta operação.



$$S = A \cdot B$$

Equação 2 - Expressão Lógica da Operação E

Figura 5 - - Bloco Lógico da Operação lógica E

Considerando apenas duas entradas para a porta lógica E elaboramos a tabela verdade desta operação como segue na tabela 1.

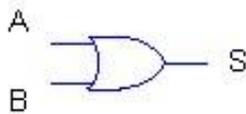
Tabela 1 - Tabela da Verdade Função Lógica E

Entrada		Saída
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

3.1.1.1.2 Operação Lógica OU

A proposição resultante da operação lógica OU de duas preposições será verdadeira se e somente se pelo menos uma destas preposições for verdadeira. Em termos de circuitos lógicos podemos dizer que a saída estará em nível alto se uma ou mais entradas estiver em nível alto.

O seu operador mais utilizado é similar à adição comum, no entanto a sua correspondência não é plena. A figura 6 e a equação 3 representam respectivamente o bloco lógico e a expressão lógica desta operação.



$$S = A + B$$

Figura 6 - Bloco Lógico da Operação lógica OU

Equação 3 - Expressão Lógica da Operação OU

Considerando apenas duas entradas para a porta lógica OU elaboramos a tabela verdade desta operação como segue na tabela 2.

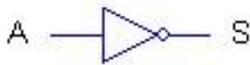
Tabela 2 - Tabela da Verdade Função Lógica OU

Entrada		Saída
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

3.1.1.1.3 Operação Lógica NÃO

A proposição resultante da operação lógica NÃO é a negação da proposição caso ela seja verdadeira ou a afirmação caso a proposição seja falsa. Em termos de circuitos lógicos podemos dizer que a saída estará em nível alto se a entrada estiver em nível baixo e vice-versa.

O seu operador mais utilizado é uma barra acima da variável. A figura 7 e a equação 4 representam respectivamente o bloco lógico e a expressão lógica desta operação.



$$S = \bar{A}$$

Figura 7 - Bloco Lógico da Operação lógica NÃO

Equação 4 - Expressão Lógica da Operação NÃO

A tabela verdade desta operação está representada pela tabela 3 logo abaixo.

Tabela 3 - Tabela da Verdade Função Lógica NÃO

Entrada	Saída
0	1
1	0

Existem outras operações lógicas booleanas que são derivadas das operações lógicas fundamentais apresentadas neste trabalho, tais com as operações lógicas NÃO E, NÃO OU, OU EXCLUSIVO. Elas podem simplificar bastante alguns circuitos lógicos mais complexos, no entanto devido a simplicidade do circuito lógico que será apresentado logo mais não se faz necessário a apresentação das mesmas aqui.

CAPÍTULO 4

4.1 Modelagem

4.1.1 Modelagem do circuito baseado na Álgebra de Boole

Tomando como base o sistema de cores RGB representando na figura 10 e aplicando a álgebra de Boole foi possível escrever as expressões lógicas que representam cada cor do sistema de cores RGB. Além das três cores primárias, combinações destas também foram expressas tornando o sistema um pouco mais complexo, no entanto de maior aplicabilidade. Estas expressões estão expostas logo abaixo na tabela 5.

Tabela 4 - Expressões Lógicas

Expressão Lógica	Cor
$R \cdot G \cdot B$	Branco
$R \cdot G \cdot \bar{B}$	Amarelo
$R \cdot \bar{G} \cdot B$	Magenta
$R \cdot \bar{G} \cdot \bar{B}$	Vermelho
$\bar{R} \cdot G \cdot B$	Ciano
$\bar{R} \cdot G \cdot \bar{B}$	Azul
$\bar{R} \cdot \bar{G} \cdot B$	Verde
$\bar{R} \cdot \bar{G} \cdot \bar{B}$	Preto

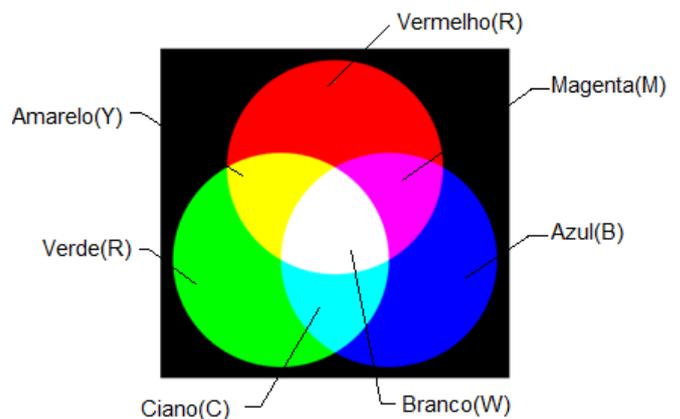


Figura 8 - Sistema RGB de cores (Quark67, 2006)

A partir das expressões lógicas montamos o circuito elétrico base para a construção do sensor de cores. Este circuito pode ser observado na figura 9.

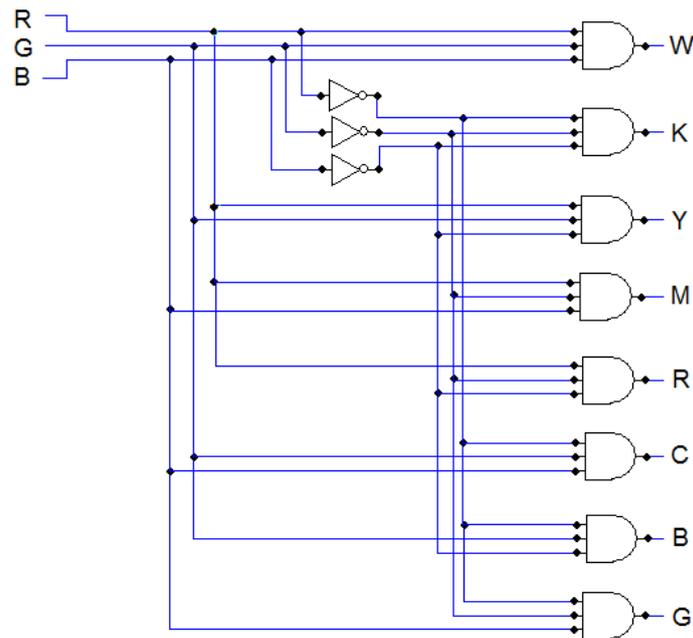


Figura 9 - Circuito Elétrico Base para o Sensor de Cores

Até agora não falamos como o LDR irá detectar as cores existentes no sistema de cores RGB já que ele não é um dispositivo “inteligente” e qualquer raio de luz refletido por algum objeto irá fazer com que a resistência do mesmo varie e conseqüentemente uma corrente elétrica circule por ele confundindo o sistema.

Para que a cor de um objeto posto em frente aos LDRs seja detectada dois componentes tem grande importância no sistema, pois são eles que vão tornar o LDR “inteligente”. O primeiro componente é a lente convexa utilizada sobre cada LDR que tem o intuito de convergir os raios de luz refletidos pelo objeto acarretando em um aumento considerável da sensibilidade dos LDRs. O segundo componente é o filtro de cor posto também, em frente de cada LDR utilizado. Como o próprio nome já diz os filtros de cores tem a função de deixar passar apenas a cor presente no filtro.

O sistema irá funcionar da seguinte forma: Quando o raio de luz refletido pelo objeto entrar em contato com os filtros de cor postos sobre os LDRs do circuito e este raio representar a mesma cor do filtro ele atravessará este filtro e, devido a lente convexa convergirá sobre o LDR acionando o circuito lógico ligado a ele. É importante observar que quando o raio de luz refletido pelo objeto representar uma cor primária apenas o LDR que tiver o filtro daquela cor

irá se manifestar e o circuito lógico sinalizará aquela cor. Quando o raio de luz for formado por cores secundárias dois dos três LDRs irão se manifestar. Para a sinalização da cor branca os três LDRs irão se manifestar e para a sinalização da ausência de cor (“cor” preta) os três LDRs ficaram inativos

O conjunto formado pela lente convexa, filtro de cor e LDR está representado na figura 10, abaixo.

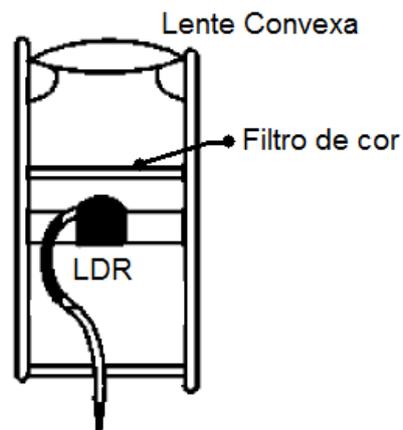


Figura 10 - Detector de Cores (Barros)

Conectando o conjunto da figura 10 com o circuito elétrico da figura 9 obtemos o circuito completo do sensor de cores como é apresentado na figura 11.

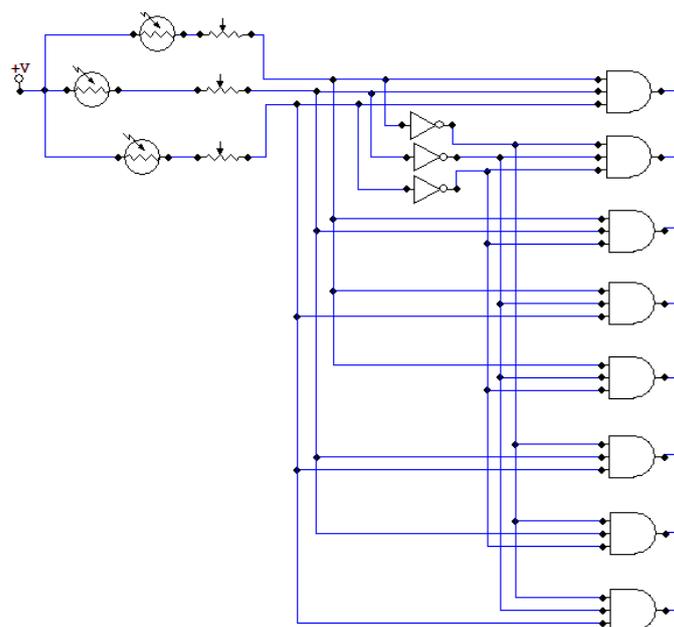


Figura 11 - Circuito Elétrico do Sensor de Cores

Para que o sensor de cores seja de fato, um circuito que funciona na prática precisa-se associar as suas saídas de sinais a micro-controladores ou controladores lógicos programáveis para que os mesmos possam analisar os sinais e repassar as informações corretas para os atuadores.

Para que possamos testar o circuito atribuímos a cada saída sua um led que, de forma simbólica, tem a função de representar a cor “capturada” pelo sensor de cores desenvolvido. O novo circuito elétrico é representado na figura 12.

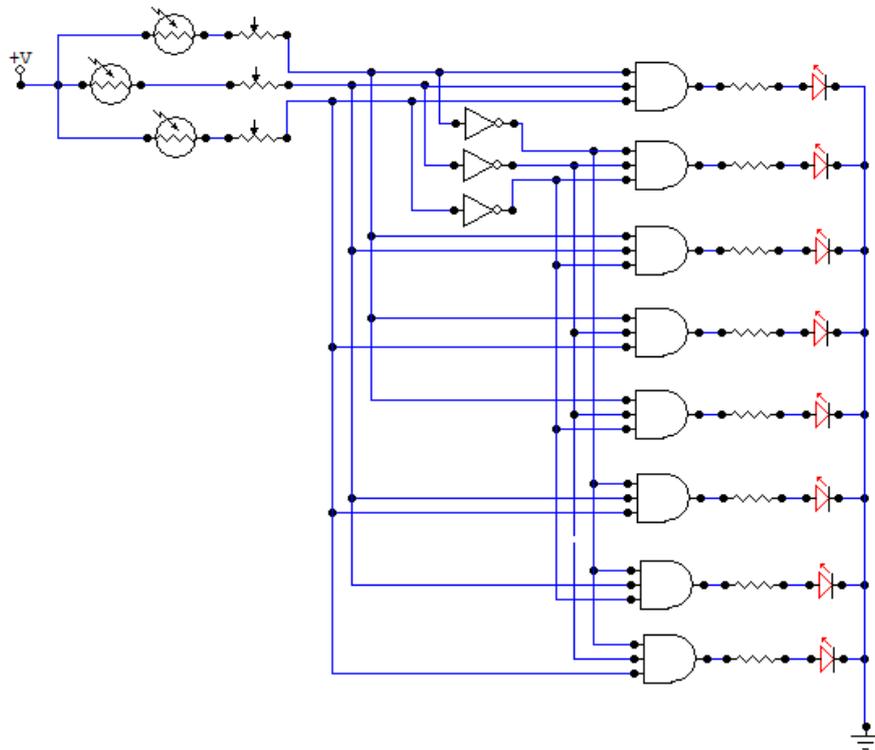


Figura 12 - - Circuito Teste para o sensor de cores

Neste circuito foram adicionados potenciômetros cuja função é ajustar a sensibilidade do LDR.

CAPÍTULO 5

5.1 Sensores de cor digitais: Fototransistor

Os sensores fotoelétricos digitais baseiam-se na transmissão e recepção do espectro luminoso sendo este visível ou não ao ser humano. Eles operam detectando uma alteração na quantidade de luz que é refletida ou bloqueada por um objeto alvo. A alteração na luz pode ser o resultado da presença ou ausência do alvo, ou ainda resultado de uma alteração de tamanho, forma, reflectividade ou cor do alvo.

Uma detecção correta com um sensor fotoelétrico exige que o objeto a ser detectado cause uma alteração suficiente no nível da luz detectado pelo sensor e que o usuário tenha um claro entendimento das especificações de detecção.

Existe um grande número de sensores fotoelétricos à escolha. Cada um oferece uma combinação exclusiva de desempenho de detecção, características de produção e opções de montagem. Muitos sensores também oferecem lógica embutida exclusiva ou recursos de dispositivo de rede.

Os sensores fotoelétricos digitais podem ser subdivididos em quatro partes fundamentais: transmissor e receptor, responsáveis pela emissão e recepção de luz respectivamente, além das lentes e do dispositivo de saída.

5.1.1 Componentes básicos

5.1.1.1 Transmissor

O transmissor do sensor fotoelétrico digital é composto pela fonte de luz. O LED é o componente responsável por emitir os comprimentos de onda necessários para a detecção do objeto. Eles são ideais para serem utilizados em sensores fotoelétricos, pois operam sobre uma ampla faixa de temperatura e são muito resistentes a danos causados por choques e vibrações. Os LEDs infravermelhos, azuis, verdes ou vermelhos são os mais utilizados como fonte de luz.

5.1.1.2 Lentes

Outro importante componente do sensor fotoelétrico são as lentes. Isto porque geralmente a emissão de luz através dos LEDs se dá de forma a atingir uma área bastante ampla da mesma forma que os fotodetectores são sensíveis a luz em uma ampla área. As lentes são usadas com as fontes de luz e fotodetectores para estreitar esta área fazendo com que a faixa do LED ou do fotodetector aumente e conseqüentemente aumente o alcance dos sensores fotoelétricos. A figura 13 representa este alcance.

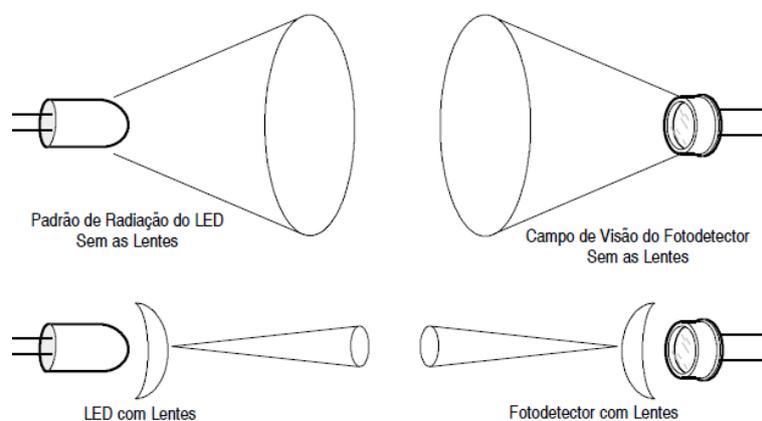


Figura 13 - Efeito das lentes sobre o transmissor e o receptor (Rockwell automation, 2011)

5.1.1.3 Receptor

O fototransistor é o componente eletrônico responsável por detectar o espectro de luz do sensor fotoelétrico digital. Assim como o LDR, o valor da corrente conduzida pelo fototransistor depende da intensidade de luz que incide sobre ele.

5.1.1.4 Dispositivo de saída

Uma vez que uma alteração suficiente do nível da luz é detectada, o sensor fotoelétrico faz a comutação com o dispositivo de saída para fornecer uma interface para a lógica do equipamento. Muitos tipos de saídas discretas e variáveis (analógicas) estão disponíveis.

5.1.1.5 Margem

A margem é uma medida da quantidade mínima de luz proveniente da fonte da luz que é detectada pelo receptor de forma a alterar o estado do dispositivo de saída. Ela é de grande importância para os sensores fotoelétricos, pois a manutenção destes sensores pode ser minimizada quando obtemos os melhores níveis de margem.

Uma margem zero pode ser dita quando nenhuma luz emitida pela fonte da luz pode ser detectada pelo detector de luz da mesma forma que uma margem de um pode ser obtida quando apenas uma luz suficiente é detectada para chavear o estado da saída de dispositivo.

5.1.2 Modos de Detecção Fotoelétrica

Os sensores fotoelétricos utilizam varias técnicas para detectar o espectro de luz. Entre elas estão:

- Detecção por feixe transmitido;
- Detecção retrorefletida;
- Detecção difusa;

Cada técnica utilizada pelos sensores fotoelétricos tem finalidades diferentes. Os sensores de cor digitais utilizam a técnica de detecção por difusão para diferenciar cores. Neste tipo é detectado um reflexo diretamente a partir do objeto. A superfície do objeto espalha a luz em todos os ângulos; uma pequena parte é refletida em direção ao receptor. A figura 14 representa a técnica por detecção difusa.

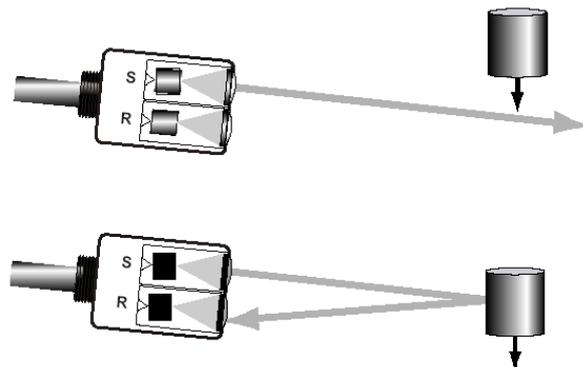


Figura 14 - Detecção difusa (Rockwell automation, 2011)

É importante observar que para a cor do objeto ser detectada é necessário que o sensor esteja em um ambiente onde os seus arredores não sejam muito opacos para transmitir a luz ou o fundo refletir mais luz que o objeto. Caso isto aconteça o detector do sensor pode ter dificuldades para “visualizar” o objeto.

5.1.3 Especificações dos Sensores digitais de cor

As especificações listadas a seguir são utilizadas para todos os tipos de sensores fotoelétricos e seus diversos modos de detecção, no entanto iremos aqui focar nos sensores fotoelétricos detectores de cores que utilizam o modo de detecção difusa.

5.1.3.1 Saída da Operação na Ausência de Luz/com Luz

A ação de um sensor quando um alvo está presente ou ausente pode ser descrita pelos termos “operação com luz” e “operação na ausência de luz”. Uma saída da operação com luz é Ligada (energizada, nível lógico um) quando o receptor pode “ver” luz suficiente a partir da fonte de luz.

Para a detecção difusa a saída é Ligada quando o alvo está presente e refletindo luz a partir da fonte de luz para o receptor. Uma saída da operação na ausência de luz é Ligada (energizada, nível lógico um) quando o receptor não pode “ver” a luz a partir da fonte de luz.

5.1.3.2 Alcance Máximo

Para os sensores de detecção difusa o alcance máximo refere-se a distância do sensor para o alvo especificado.

Caso o sensor a ser usado esteja em ambientes industriais recomenda-se, que este alcance máximo seja um pouco menor, pois, com o decorrer do tempo, haverá contaminação de suas lentes.

5.1.3.3 Alcance Mínimo

Para o correto funcionamento do sensor é necessário que o alvo esteja a uma distancia mínima do mesmo, pois na maioria dos sensores de detecção difusa existe uma pequena zona “cega” próxima ao sensor como mostra a figura 15.

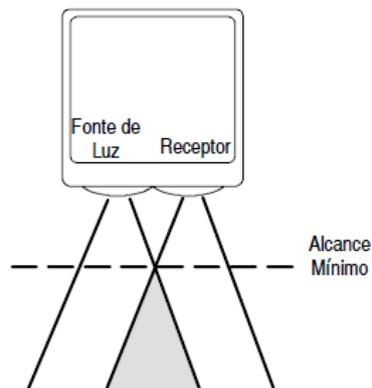


Figura 15 - Zona "cega" do sensor de detecção difusa (Rockwell automation, 2011)

5.1.3.4 Curva de Resposta Típica

A curva de resposta típica é o gráfico que relaciona a margem de operação e o alcance do sensor. Logo abaixo, na figura 16, apresenta-se um exemplo desta curva para um sensor de detecção difusa. Nesta podemos observar que a taxa de detecção máxima (margem = 1X) deste sensor é de 1 m para um alvo de papel branco especificado. Uma margem de 4X pode ser alcançada a aproximadamente metade dessa distância, ou 500 mm.

Caso o sensor a ser usado esteja em ambientes industriais recomenda-se, para um melhor desempenho e um correto funcionamento, uma margem no mínimo de 2X.

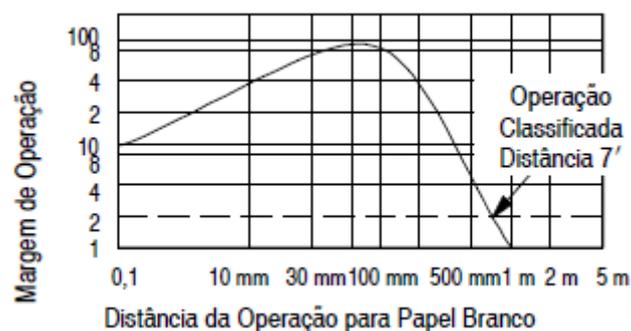


Figura 16 - Curva típica para um sensor de detecção difusa

4.1.3.5 Tempo de Resposta

O tempo necessário para a comutação do dispositivo a partir do momento que um alvo é detectado chama-se tempo de resposta. Este termo também é usado para especificar o tempo necessário para o dispositivo alterar novamente o seu estado quando o alvo não é mais detectado pelo sensor.

5.1.3.6 Campo de Visão

O campo de visão é a medida, em graus, da área cônica gerada pelo feixe de luz da fonte de luz. Esta especificação é bastante útil para determinar a área de detecção disponível a uma distância fixa do sensor.

CAPÍTULO 6

Conclusão

Neste trabalho foram apresentados importantes conceitos para o desenvolvimento, criação e aplicação dos sensores fotoelétricos dando-se ênfase aos sensores fotoelétricos detectores de cor.

Sensores analógicos e digitais foram abordados. O primeiro com finalidade acadêmica, por ser formado por componentes básicos e mostrar ao aluno uma das muitas aplicações destes componentes. Já o segundo de grande aplicabilidade industrial.

Muitas marcas como a Allen-Bradley, Sense e Panasonic estão presentes no mercado e possuem vários tipos de sensores digitais de detecção de cores. Para a correta escolha e aplicação dos sensores digitais detectores de cor é de grande importância que o desenvolvedor saiba a qual ambiente o sensor será submetido, quais suas capacidades e limitações. Além disso, é necessário que ele esteja preparado para responder algumas perguntas como:

- Qual é o tamanho, a forma e/ou opacidade do objeto a ser detectado?
- Qual é o tempo de resposta exigido pelo sensor?
- Que configuração de montagem é necessária para o sensor? Existem posições ou obstáculos físicos a serem considerados?
- Qual é a frequência da operação e que especificações a taxa de operação impõe ao dispositivo de saída?
- Quais são as especificações de carga, como tensão, corrente e impedância da carga?
- Que alimentação de tensão e corrente estão disponíveis para operar o sensor?
- Existem outras condições ambientais, como poeira ou alta humidade que são exclusivas à área em torno do sensor fotoelétrico?

Tendo todas as respostas para estas perguntas, boa parte do trabalho estará realizado bastando agora, dedicar-se a programação envolvida por trás

da aplicação. Fica como dica para trabalhos futuros a implementação e programação do controlador lógico programável (CLP) responsável por colher os sinais de estado dos sensores, processá-los e repassá-los para os dispositivos atuadores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (5 de julho de 2011). Acesso em 29 de julho de 2011, disponível em Wikipédia, a enciclopédia livre: <http://pt.wikipedia.org/wiki/RGB>
- (18 de julho de 2011). Acesso em 29 de julho de 2011, disponível em Wikipédia, a enciclopédia livre: http://pt.wikipedia.org/wiki/Diodo_emissor_de_luz
- (5 de julho de 2011). Acesso em 30 de julho de 2011, disponível em Wikipédia, a enciclopédia livre: <http://pt.wikipedia.org/wiki/CMYK>
- (21 de julho de 2011). Acesso em 30 de julho de 2011, disponível em Wikipédia, a enciclopédia livre: <http://pt.wikipedia.org/wiki/LDR>
- Barros, M. V. (s.d.). *Projeto de um sensor de cor utilizando LDRs: Sensor de Cor*. Acesso em 02 de junho de 2011, disponível em Universidade Federal do Rio Grande do Norte: www.dee.ufrn.br/~luciano/arquivos/ins_ele/...2008.../Sensor_de_cor.pdf
- BenTheWikiMan. (22 de janeiro de 2006). Acesso em 25 de maio de 2011, disponível em Wikipédia, a enciclopédia livre: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:LDR.jpg>
- Breve, F. (30 de julho de 2011). *Cores e Sistemas de cores*. Brasil.
- Capelli, A. (2006). *Sensores Industriais: Fundamentos e aplicações práticas em campo*. 1 ed. Rio de Janeiro: Antenna Edições Técnicas, 2006. 70p.
- Malvino, A. P. (2001). *Eletrônica*. 4 ed. São Paulo: Makron Books, 2001. 788p.
- Panasonic Electric Works Corporation of America. (2011). Acesso em 30 de julho de 2011, disponível em Panasonic Electric Works Corporation of America: <http://pewa.panasonic.com/assets/acsd/sunx/sensors/catalog/lx-100-catalog.pdf>
- Quark67. (26 de maio de 2006). Acesso em 21 de maio de 2011, disponível em Wikipédia, a enciclopédia livre: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Synthese%2B.svg>
- Rockwell automation. (2011). *Rockwell automation*. Acesso em 20 de julho de 2011, disponível em literature.rockwellautomation.com/idc/groups/.../ca/42gr-ca520_-pt-p.pdf
- RS Components Ltd. (25 de maio de 2011). LDR NSL19 M51. Northants, Corby, United Kingdom.
- Scribd Inc. (2006). Acesso em 30 de maio de 2011, disponível em Scribd Inc: <http://www.scribd.com/doc/55037266/Sensor-de-Cores>
- Sedra, A. S. (1999). *Microeletrônica*. 4 ed. São Paulo: Person Livros Universitários, 1999. 1292p.