

SENSOR IDENTIFICADOR DE CORES

Laís Stocco Bandini ⁽¹⁾ (bandinilais@gmail.com), Marcelo Antonio Minorello ⁽²⁾
marcelominorello@hotmail.com)

⁽¹⁾ Faculdade de Tecnologia do estado de São Paulo (FATEC); Departamento de mecatrônica Industrial.

⁽²⁾ Faculdade de Tecnologia do estado de São Paulo (FATEC); Departamento de mecatrônica Industrial.

RESUMO: A automação industrial é uma poderosa ferramenta no auxílio da produção, contudo o custo de alguns equipamentos torna proibitiva sua utilização pelo pequeno e microempresário. O objetivo deste trabalho é desenvolver um protótipo de um equipamento sensor capaz de diferenciar objetos com base em suas cores (initialmente azul, verde ou vermelho), com baixo custo. Os objetos serão contados e separados pela cor que os mesmos apresentarem. Em seu funcionamento, o sensor emitirá as cores em questão por meio de um led RGB que incidirá sobre a peça; a luz uma vez refletida terá sua intensidade medida por um sensor capaz de converter a intensidade de luz em tensão. Um micro controlador fará a leitura da tensão gerada pelo sensor, e seu software determinará a cor da peça que está sendo lida pelo sensor. Este trabalho é relevante uma vez que diminui os custos relativos à automação, propiciando o acesso à tecnologia aos pequenos e microempresários, com a geração de novos postos de trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: AUTOMAÇÃO, COR, CUSTO, RGB, SENSOR.

COLOR IDENTIFYING SENSOR

ABSTRACT: The industrial automation is a powerful auxiliary tool in the production, however the cost of some equipment's makes their use prohibitive to the small and micro businessman. The purpose of this work is to develop a equipment sensor prototype able to distinguish objects based on their colors (initially blue, green or red), with low cost. The objects will be counted and separated by the color that they present. In operation, the sensor will send the colors through an RGB LED that will focus on the piece; the light, once reflected the intensity will be measured by a sensor able to convert light intensity into voltage. A microcontroller will read the voltage generated by the sensor, and its software will determine the color of the piece being read by the sensor. This work is important since it reduces costs of automation, providing to micro and small entrepreneurs access to technology, generating new jobs.

KEYWORDS: Automation. Color. Cost. RGB. Sensor.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis por este trabalho.

1. INTRODUÇÃO

Trata-se de uma pesquisa para a elaboração de um dispositivo para uso geral capaz de identificar ou diferenciar as cores verde, vermelho e azul, elaborado a partir de componentes discretos, de fácil aquisição no mercado de componentes eletrônicos, alternativo aos sensores industriais e comerciais, porém, mais simples, com custos menores, com eficiência e eficácia. O projeto visa à elaboração de um sensor com um custo final relativamente baixo.

A motivação para o desenvolvimento consiste no custo elevado dos sensores destinados à aplicação industrial com a função de identificar ou diferenciar cores em um processo de fabricação automatizado, presente apenas em grandes sistemas de automação industrial. Devido ao custo elevado, seu uso fica limitado ou mesmo inviável às empresas de médio e pequeno porte.

A automação em seu conceito filosófico é muito antigo, remonta à época de 3500 e 3200 a.C.. O objetivo era sempre o de simplificar o trabalho do homem, de forma a substituir o esforço braçal por outros meios e mecanismos, liberando o tempo disponível para outros afazeres, valorizando o tempo útil para outras atividades, Silveira e Santos (1998).

Compreende-se automação, qualquer sistema apoiado em um sistema micro processado que substitua, em partes, o trabalho humano.

São muitos os benefícios da automação nas linhas de produção, tais como: aumento da produtividade, redução de custos, melhoria da qualidade, segurança, vantagem competitiva, precisão e monitoramento remoto. Os benefícios da automação industrial tornaram-se notórios, o que a torna uma opção cada vez mais procurada e empregada.

Conforme pesquisas, a maior barreira para que as pequenas empresas implementem a automatização em sua linha de produção ainda é o custo, o que as levam a pensar que isso só é possível em grandes empresas, como afirma Dória e (2003 apud Limas e Scandelari 2006, p. 06). “A grande maioria das empresas (56%) consideram o investimento muito alto como maior impedimento para automatizar e em segundo lugar (29%) que a automação é coisa de empresa maior, confirmado assim o que afirma Dória (2003) que, as causas da resistência dos pequenos e microempresários para automatizar seu negócio são a falta de recursos e a perda de tempo na automação.”

Portanto, é de extrema importância novas pesquisas e desenvolvimento de soluções viáveis e baratas para que possam ser utilizadas nas micro e pequenas empresas, obtendo uma mudança de conceitos da ligação entre automação x grandes empresas.

Segundo Sebrae (2012) em parceria com o Dieese, entre 2000 e 2011, mostra que 51% das micro e pequenas empresas estão na região Sudeste e quase 24% estão na região Sul.

Como se pode perceber, com o aumento do número de pequenas e microempresas, torna-se necessário o desenvolvimento de novas tecnologias com custos reduzidos para que justamente esse setor, que só tende a crescer, tenha acesso a essas novas tecnologias.

Em um processo de automação é muito comum a utilização de sensores. Entre eles existem os sensores ópticos utilizados para detectar a presença de peças ou até a identificação de sua cor. Os sensores possuem vital importância para o desenvolvimento de um projeto de automação, porém, seu uso se torna limitado no controle de pequenos processos uma vez que tais sensores possuem custos elevados, girando em torno de 600 reais o mais simples e podem chegar a mais de 1500 reais os mais complexos.

O objetivo geral do projeto é criar um sensor capaz de identificar cores, no padrão de cores RGB, a partir de componentes discretos, para uma possível substituição aos sensores com aplicação em automação industrial já existente no mercado, porém a custos menores para o acesso das micro e pequenas empresas.

Como objetivo específico a pesquisa é desenvolver um protótipo de um dos processos de uma linha de produção, que identifique e separe peças de acordo com as suas cores para verificar a eficácia, eficiência e a viabilidade do projeto.

Consequentemente, é de essencial importância o desenvolvimento e barateamento dos custos dos componentes empregados nas linhas de automação, como o sensor de cor proposto nesse projeto, visando uma alternativa a alguns sensores industriais utilizados na identificação de cores, nas linhas de produção, sem perder a eficácia.

A metodologia utilizada para a realização do projeto é a pesquisa experimental, pois a informação reunida a partir de experimentos é relativamente “pura”, o método é ótimo para a comparação de pequenos efeitos que não podem ser detectados através de outros métodos de avaliação, além do mais esse método é eficaz para averiguação de alternativas específicas para o projeto, através de comparações diretas, Brandão (2012)

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Entender as questões pertinentes à mecatrônica se faz imprescindível para lidar com os elementos que envolve no contexto da pesquisa e das tecnologias, para a construção do conhecimento inerente a mesma.

A tecnologia mecatrônica trata-se de uma integração coordenada e simultânea entre a engenharia mecânica, a eletrônica e o controle computacional inteligente, no projeto e fabricação

de produtos e processos de automação industrial. O termo mecatrônica, foi criado em 1969, como uma combinação meca, de mecanismos, e trônica, de eletrônica, Bolton (2010).

Ainda de acordo com o autor, um sistema mecatrônico não se resume apenas um casamento de sistemas elétricos e mecânicos, e sim, uma integração completa de todos estes sistemas na qual há uma abordagem integrada e interdisciplinar sendo cada vez mais adotadas no projeto de engenharia de veículos, robôs, ferramentas mecânicas, máquinas de lavar, câmeras e diversas outras máquinas. Essa integração que vai além dos limites tradicionais das engenharias mecânica, elétrica, eletrônica e de controle tem ocorrido em fases mais iniciais de projetos quando é necessário desenvolver sistemas mais baratos, confiáveis e flexíveis.

Nos Sistemas Mecatrônicos, portanto, o uso de sensores é algo imprescindível, pois os mesmos são fundamentais para o controle dos processos.

Cetinkunt (2008, p. 2) afirma “todos os sistemas mecatrônicos possuem alguns sensores para medir o estado das variáveis de processo. Os sensores são os ‘olhos’ de um sistema controlado por computador.”.

O sensor, parte fundamental deste projeto, opera através da medição da refração da luz sobre o objeto. O sensor emitirá as cores verde, vermelho e azul através de um led RGB que incidirá sobre a peça, esta luz refletida terá sua intensidade medida através de um sensor capaz de converter intensidade de luz em tensão. Sabe-se que um objeto é capaz de refletir apenas a sua cor e absorver as demais. Isso determina a cor com que se vê o objeto.

Reflexão da luz é um fenômeno óptico. Quando a luz incide em uma área de separação entre dois meios diferentes, parte da energia da radiação pode retornar e se propagar no mesmo meio em que estava. Como exemplo pode citar a luz da lanterna que incidida numa certa superfície, a mesma reenvia a luz.

A porção de energia refletida, quando comparada à energia incidente, depende de uma série de fatores, como a natureza da superfície e a orientação da incidência, por exemplo. Uma superfície hipotética ideal, que não necessariamente pode ser encontrada na natureza, e que refletiria toda a energia incidente será chamada de espelho ideal. Na prática, um espelho é uma superfície com alto grau de refletividade, Santos.

Como se pode inferir, o processo de reflexão da luz é vital para que possamos ver os objetos, uma vez que visualizamos apenas a luz refletida das coisas, tal teoria é comprovada uma vez que não se pode ver no escuro devido à inexistência de fonte de luz para que a mesma seja refletida pelos objetos.

A luz que incide nos objetos pode ser classificada como monocromática e policromática de acordo com a cor da luz. A luz monocromática é composta apenas por uma cor, como exemplo, a luz

amarela emitida pelas lâmpadas de sódio. Já a luz policromática é formada por uma união de duas ou mais cores monocromáticas, como exemplo, a composição das cores monocromáticas que formam a luz branca é o disco de Newton, que é uma experiência composta de um disco com as sete cores do espectro visível, que ao girar em alta velocidade, "recompõe" as cores monocromáticas, formando a cor policromática branca. Só física.

Ainda de acordo com o autor, ao nosso redor é possível distinguir várias cores. Esse fenômeno acontece, pois quando a luz branca é incidida sobre um corpo de cor azul, por exemplo, este absorve todas as outras cores do espectro visível, refletido de forma difusa apenas o azul, o que torna possível distinguir sua cor. Por isso, um corpo de cor branca é aquele que reflete todas as cores, sem absorver nenhuma, enquanto um corpo de cor preta absorve todas as cores sobre ele incididas, sem refletir nenhuma, o que causa aquecimento.

No espaço do espectro eletromagnético que corresponde à luz visível, cada frequência equivale à sensação de uma cor, conforme mostra o Quadro 1. Quando recebemos raios de luz de diferentes frequências podemos perceber cores diferentes destas, como combinações. A luz branca que percebemos vinda do Sol, por exemplo, é a combinação de todas as sete cores do espectro visível. Só física.

QUADRO 1. Relação cor, comprimento de onda e frequência.

Cor	Comprimento de onda ($\text{\AA} = 10^{-10} \text{m}$)	Frequência (10^{14}Hz)
<i>Violeta</i>	3900 – 4500	7,69 – 6,65
<i>Anil</i>	4500 – 4550	5,65 – 6,59
<i>Azul</i>	4550 – 4920	6,59 – 6,10
<i>Verde</i>	4920 – 5770	6,10 – 5,20
<i>Amarelo</i>	5770 – 5970	5,20 – 5,03
<i>Alaranjado</i>	5970 – 5220	5,03 – 4,82
<i>Vermelho</i>	6220 – 7800	4,82 – 3,84

Fonte: Só física.com

Conforme a frequência aumenta, diminui o comprimento de onda, assim como mostra o Quadro 1, e o trecho do espectro eletromagnético na Figura 1.

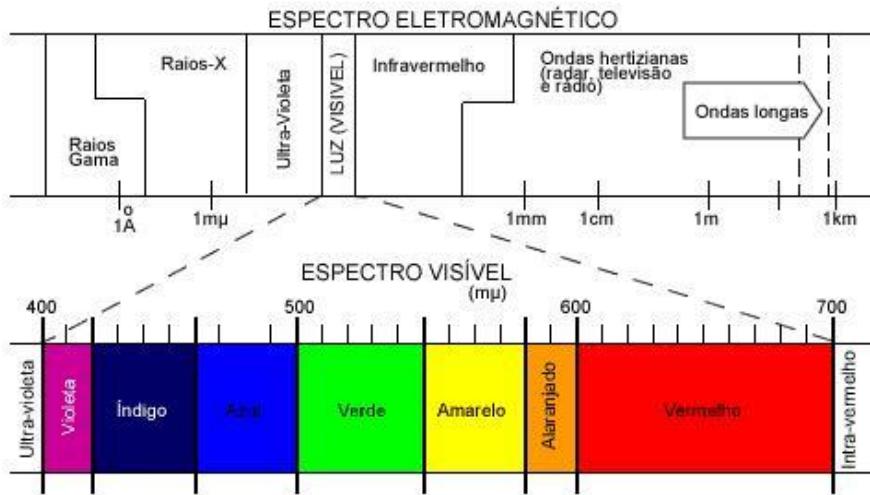


FIGURA 1. Espectro eletromagnético. Fonte: Só física.com

Podemos notar que o espectro eletromagnético é muito amplo sendo ocupado apenas por uma pequena parte pelo espectro visível.

Existem diversas teorias sobre a visão das cores, a teoria mais aceita preconiza que o olho humano possui células nervosas especializadas em enxergar cores, chamadas cones. Existem três tipos de cones (receptores): os sensíveis à luz vermelha, baixa frequência os quais dois terços conseguem enxergá-la, os sensíveis à luz verde, um terço a faixa média de frequência, e os sensíveis à luz azul, apenas 2% conseguem enxergar a alta frequência. Por essa razão, e por termos uma distribuição de dois extremos, vermelho e azul, e uma faixa média, verde, é que foi criado o padrão RGB, Junior (2012).

Como, basicamente enxergamos no padrão RGB, este foi o sistema de formação de cores escolhido em nosso projeto.

A luz branca ao incidir sobre a retina do olho humano estimularia igualmente todos os receptores. A luz vermelha ao incidir sobre a retina apenas estimularia os receptores sensíveis àquela radiação provocando a percepção visual da cor vermelha. Quando a cor amarela é vista, a sensação resulta do fato de que tanto os receptores sensíveis ao verde quanto ao vermelho estão sendo estimulados com a mesma intensidade, Só física.

O padrão de formação de cores RGB, é formado pelas cores *RED*, *GREEN & BLUE* (VERMELHO, VERDE & AZUL). É utilizado em aparelhos eletrônicos que emitem as cores através de equipamentos

elétricos, como os televisores, monitores, ipods, celulares etc. No RGB se você retirar as cores obtém o preto e, ao adicionar todas as cores, obtém o branco. Veja a Figura 3.

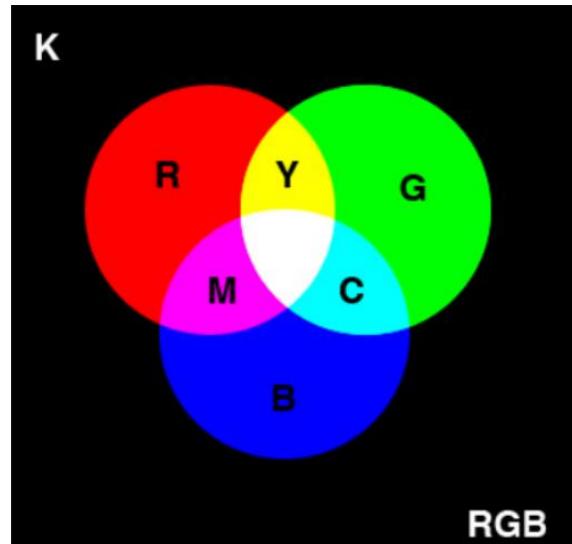


FIGURA 3. Padrão de cores RGB. Fonte: PAES (2010).

O sistema CMYK, é formado pelas cores CYAN, MAGENTA, YELLOW & BLACK (AZUL CALCINHA, ALGO QUASE ROSA, AMARELO & PRETO). Este formato de cor é utilizado para impressões em gráficas rápidas, gráficas com fotolitos e outros tipos de impressões. Ao adicionar as cores elas irão somar e a adição de todas as cores terá o preto. Veja a Figura 4.

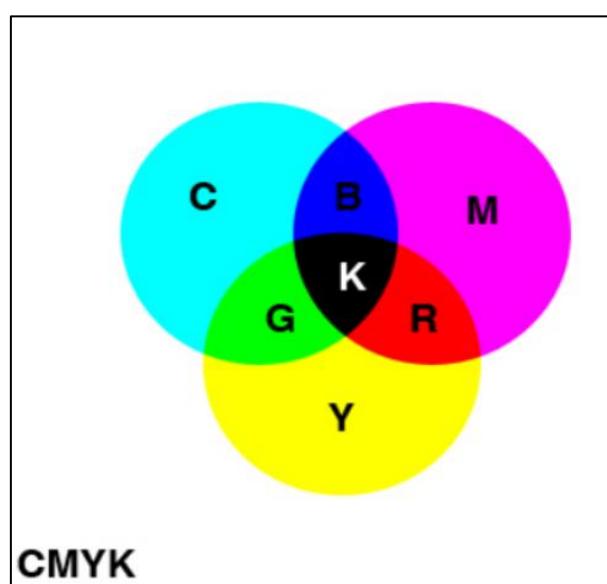


FIGURA 4. Padrão de cores CMYK. Fonte: PAES (2010).

3. METODOLOGIA DO PROTOTIPO

A metodologia escolhida para a realização da pesquisa foi à construção de um protótipo. Protótipo é uma palavra derivada do grego, (Protós), significa primeiro e (Typos), tipo; mas uma tradução mais correta, seria: primeiro modelo, que está em fase de testes, estudo ou planejamento, Souza, 2012.

O protótipo consta de um sensor se luz trabalhando em conjunto com uma fonte de luz RGB, um micro controlador que fará todo o processamento e o controle dos servo motores além do mostrador LCD.

O servo motor alimentador, disponibiliza uma peça na frente do sensor, o led RGB é ligado ao mesmo tempo que o sensor faz a leitura do nível de luz. O micro controlador processa a informação e identificando a cor, aciona o servo de posicionamento direcionando a peça ao seu respectivo depósito de armazenagem e atualiza a informação no visor LCD. O servo alimentador libera uma segunda peça e assim o processo se repete até que o deposito alimentador de peça esteja vazio. Veja a Figura 5



FIGURA 5. Protótipo. Fonte: Autores (2014).

3.1 Sensor de luz

O mais comum deles é o Light Dependent Resistor (LDR) que é um dispositivo eletrônico que tem a resistência elétrica interna alterada pela incidência da luz, porém, os testes preliminares mostraram que este sensor não atende a necessidade do projeto devido ser muito lento e sofrer muita interferência da iluminação ambiente. Decidiu-se por utilizar o sensor TSL250 da Texas Instruments, um fotodiodo amplificado sensível a luz visível que tem a sua tensão de saída diretamente proporcional a intensidade da luz irradiada sobre o mesmo.

Segundo o manual do fabricante, esse sensor consegue alterar a sua saída em 360 microssegundos possibilitando efetuar várias leituras precisas em um curto período de tempo, tornando o sistema mais rápido.

Nos testes com o mesmo, utilizando uma carga de $10\text{K}\Omega$ em sua saída, como mostrado na Figura 6, obtivemos os valores mostrados na Tabela 2.

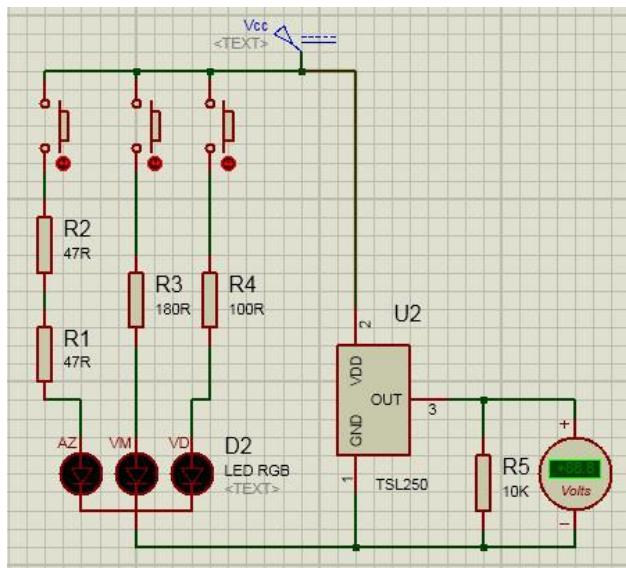


FIGURA 6. Circuito de teste. Fonte: Autores (2014).

TABELA 2. Valores de entrada

LED\PEÇA	BCO	VM	AZ	VD
VM	3,8V	3,8V	2,3V	2,4V
AZ	3,8V	1,4V	3,8V	2,2V
VD	3,8V	1,4V	2,6V	3,8V

Fonte: Autores (2014).

Podemos concluir que as peças de cores iguais ao led aceso, nos dá uma maior tensão de saída no sensor, dessa forma, basta identificar o maior valor e associar ao led aceso que temos, diretamente, a cor da peça. No projeto serão consideradas apenas as cores primárias do padrão RGB. O importante é que mesmo com interferência da luz ambiente, sempre temos o maior valor para as cores coincidente de led e peça, eliminando um dos problemas apresentado pelo LDR.

3.2 Led RGB

Os LEDs ou Diodos Emissores de Luz são fontes importantes de luz para os circuitos eletrônicos. Suas características semelhantes às de um diodo semicondutor possibilitam a aplicação desses componentes em funções diversas. Atualmente o projetista pode contar com uma infinidade de tipos de diodos emissores de luz para seus projetos, Braga (2009).

Os primeiros diodos emissores de luz criados foram então de um material denominado Arseneto de Gálio e Arseneto de Gálio com Índio (GaAs e GaAsI) emitindo radiação principalmente na faixa dos infravermelhos. O passo seguinte foi a criação de materiais capazes de emitir radiação com comprimentos de onda cada vez menores até cair na parte do espectro visível. Surgiram então os primeiros LEDs capazes de emitir luz no espectro visível, na região do vermelho. À primeira vista, leds RGB (Red, Green, Blue) são parecidos com LEDs regulares, no entanto, dentro do LED, na verdade existem três LEDs, um vermelho, um verde e um azul.

Ao controlar o brilho de cada um dos LEDs individualmente é possível mesclar suas cores. Essa mistura de cores se dá como uma mistura de tintas, e é possível ajustando o brilho de cada um dos três LEDs.

3.3 Servos motores

Segundo Hinke, Rodrigues, Sene (2011) os servos motores são componentes de malha fechada, ou seja: recebem um sinal de controle, verificam a posição atual e atuam no sistema indo para a posição desejada.

Ainda de acordo com o autor principal diferença do servo motor em relação a outros dispositivos de motores existentes é o fato de ele se movimentar apenas com 180º, porém a precisão de posicionamento é muito maior em relação aos seus semelhantes.

Foi escolhido o Servo motor para o fim de montagem do protótipo por apresentar uma resposta rápida de posicionamento e um controle mais simples uma vez que se utiliza de um único pino do micro controlador. Sua principal função no projeto é a alimentação das peças para o

reconhecimento de sua cor e o direcionamento da peça ao recipiente de sua cor. Optamos pelo micro servo SG90 da Tower Pro, como mostra a Figura 7 abaixo.



FIGURA 7. Servo Motor. Fonte: Autores (2014).

Os testes feitos com base no circuito da Figura 8, podemos determinar seu posicionamento em função da largura do pulso alto sendo de 500 μ s para -90°, 1500 μ s para a posição 0 e 2400 μ s para a posição +90°, todos com um ciclo de 20ms.

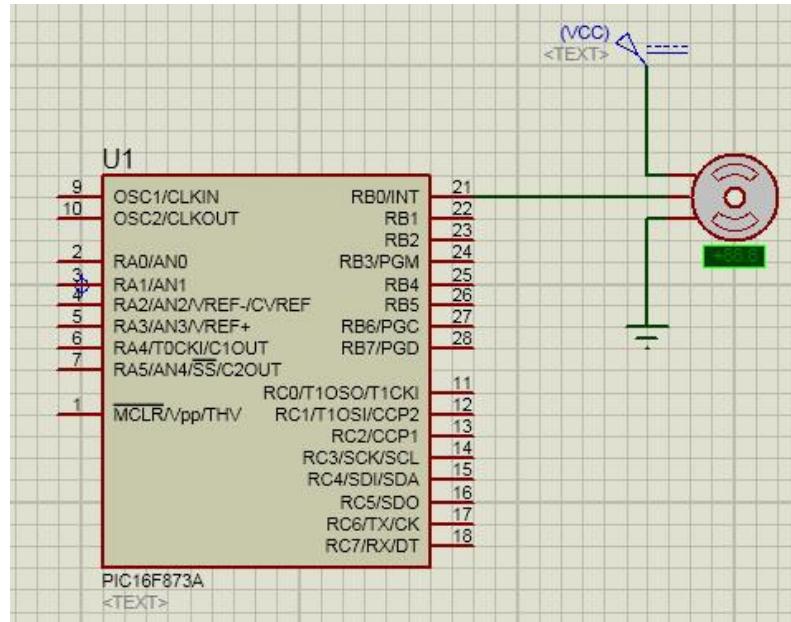


FIGURA 8. Testes do motor. Fonte: Autores (2014).

3.4 Micro controlador

Os micro controladores são dispositivos que possuem microprocessadores que podem ser programados para funções específicas. Em geral, eles são usados para controlar circuitos e, por isso, são comumente encontrados dentro de outros dispositivos, sendo conhecidos como "controladores embutidos". A estrutura interna de um micro controlador apresenta um processador, bem como circuitos de memória e periféricos de entrada e saída.

Em nosso projeto, utilizamos o PIC 16F873A, da Microchip. Trata-se de um dispositivo com processador de 8 bits, 192 bytes de RAM, 128 bytes de EEPROM, vários periféricos como UART, I2C, módulo CCP entre outros.

O mesmo foi escolhido visto que tem um grande recurso de hardware e software em um encapsulamento de apenas 28 pinos.

3.5 Módulo LCD (16x4)

Os módulos LCD são interfaces de saída muito útil em sistemas micro processados. Estes módulos podem ser gráficos e a caracter. Os LCD mais comuns são os de caracter que são especificados em número de linhas por colunas e são encontrados em várias configurações, sendo que utilizaremos o de 16x4, sendo formado por dezesseis colunas e quatro linhas.

Estes módulos utilizam um controlador próprio, permitindo sua interligação direta com a placa principal através de seus pinos. O mostrador LCD indicará a ausência de peças e a sua contagem ao passar pelo sensor de acordo com sua cor. No protótipo foi utilizado o módulo LCD ITM-2004R-002 mostrado na Figura 9.



FIGURA 9. Módulo LCD. Fonte: Autores (2014).

3.6 Circuito elétrico

O circuito elétrico utilizado no desenvolvimento da pesquisa está demonstrado na Figura 10.

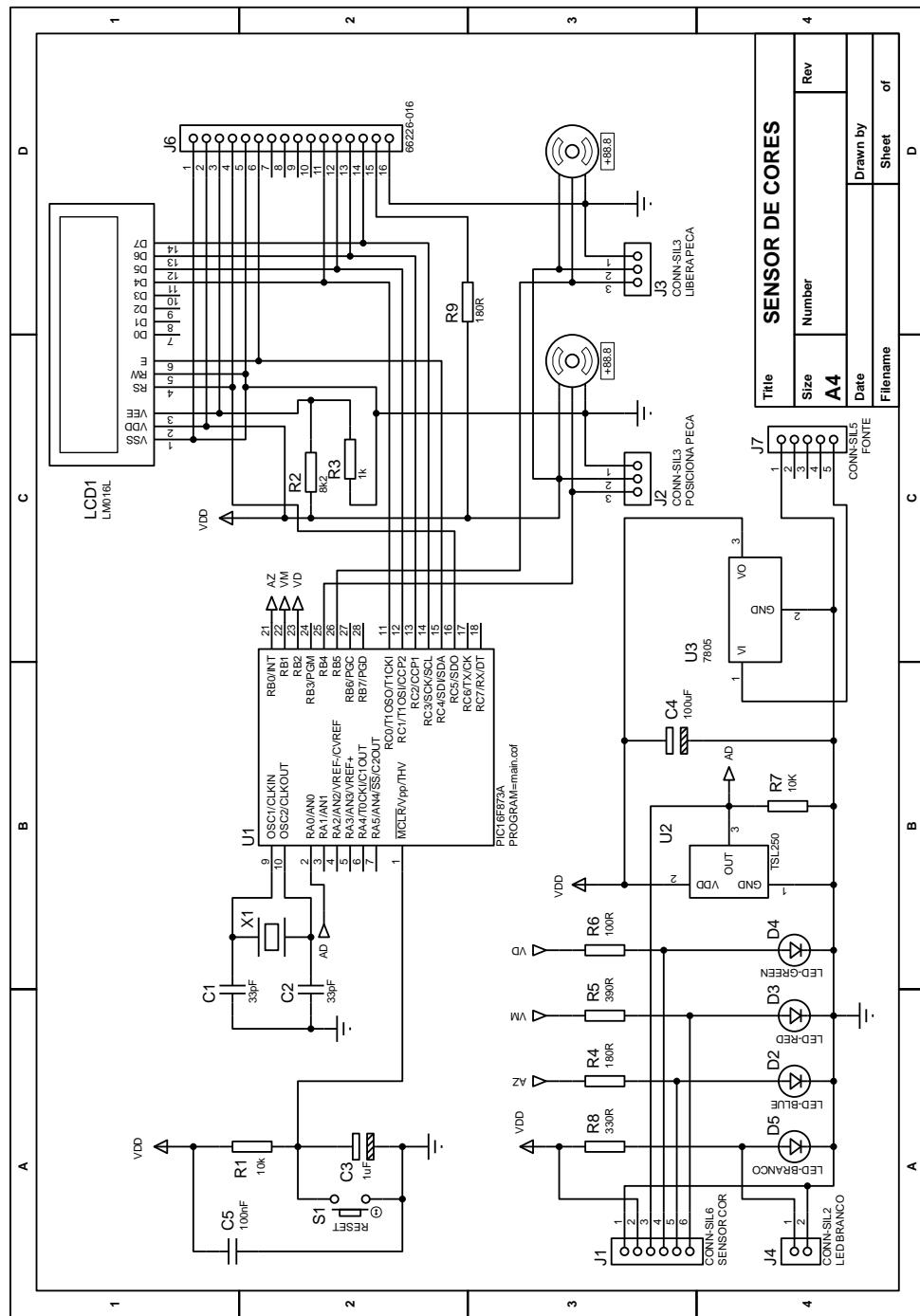


FIGURA 10. Circuito elétrico. Fonte: Autores (2014).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração e montagem do protótipo permitiu a realização de testes para comprovar a sua viabilidade técnica. Foram utilizadas várias peças de cores diferentes para verificar o grau de confiabilidade de detecção das diferentes cores, sendo que as peças, após a identificação são separadas e contadas por cores afins. Foram realizadas várias amostragens e na totalidade dos casos o sensor detectou com êxito as diferentes cores, sem nenhum caso de não conformidade com o resultado, o que comprova plenamente a sua eficácia técnica.

Em relação à viabilidade econômica o avanço do projeto é inegável, tivemos um custo de protótipo de R\$100,00 aproximadamente, comparado aos sensores tradicionais encontrados no mercado que tem seu preço de R\$250,00 a R\$800,00

Este trabalho tem sua relevância permitindo que as pequenas e microempresas tenham ao seu alcance, um sensor de cor com custo relativamente baixo para ser utilizado em um processo de automação permitindo uma abrangência na inclusão social das mesmas.

REFERÊNCIAS

LIMAS, Cesar Eduardo Abud; SCANDELARI, Luciano. Fator impeditivo da automação das pequenas e microempresas da cidade de Ponta Grossa - PR. Bauru, 2006. Disponível em:<http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/354.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2014.

BOLTON, William. Mecatrônica: uma abordagem multidisciplinar. Tradução, José Lucimar Do Nascimento. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

CEPSRM. Página dinâmica para Aprendizado do Sensoriamento Remoto. UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/engcart/PDASR/formcor.html>>. Acesso em: 15 ago. 2014.

CETINKUNT, Sabri. Mecatrônica. tradução e revisão técnica, Jorge Luís M. do Amaral e José F. M. do Amaral. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

SILVEIRA, Paulo R. Da. SANTOS, Winderson E. – Automação e controle discreto - São Paulo: Érica, 1998.

BRANDÃO, Eduardo Rangel. Vantagens e desvantagem do experimento. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em:<<http://pt.slideshare.net/eduardobranda/eduardo-brandaotecnicaspesquisavantagensdesvantagensexperimento>>. Acesso: 21 ago. 2014.

JUNIOR, Hildevar M.. A formação das cores – parte 2. 2012. Disponível em: <<http://blogdografico.com/2012/04/24/a-formacao-das-cores-parte-2-2/>> Acesso em: 15 set. 2014.

SANTOS, José Carlos Fernandes dos. Espelhos e reflexão da luz. Portal G1 educação. Disponível em: <<http://educacao.globo.com/fisica/assunto/ondas-e-luz/espelhos-e-reflexao-da-luz.html>>. Acesso em: 01 set. 2014.

SEBRAE. 2012. Micro e pequenas empresas são 99% do total no país. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/pme/noticia/2012/02/micro-e-pequenas-empresas-sao-99-do-total-no-pais-mostra-pesquisa.html>>. Acesso em: 18 ago. 2014.

SÓ FÍSICA. Luz Mono e Policromática. Disponível em:<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Otica/Refracaoaluz/luz_mono_e_policromatica.php>. Acesso em: 08 set. 2014

_____. Cor e Frequência. Disponível em:<http://www.sofisica.com.br/conteudos/Otica/Refracaoaluz/cor_e_frequencia.php>. Acesso em: 15 set. 2014.

SOUZA, Gilmar. O que é um protótipo? 2012. Disponível em: <<http://traktanas.com/o-que-um-prototipo/>>. Acesso em: 10 out. 2013.