

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
ELETRÔNICA APLICADA E INSTRUMENTAÇÃO

MAUREN WALTER D'ÁVILA

CONTROLE DE UM DIMMER DE CARGA RESISTIVA

SANTA MARIA, 08 DE SETEMBRO DE 2021

INTRODUÇÃO

Os circuitos dimmer são amplamente utilizados no campo da elétrica e eletrônica, pois proporcionam o controle de intensidade de diversos dispositivos. O dimmer utilizado no presente trabalho é o dimmer para controle de cargas resistivas, como uma lâmpada incandescente, por exemplo.

OBJETIVO

O objetivo do trabalho é desenvolver um sistema de dimmer para controle de cargas resistivas controlado digitalmente, de forma que um microcontrolador acione o gatilho do triac, e o Arduino seja faça o acionamento utilizando um *Light Dependent Resistor* (LDR) e um potenciômetro seja utilizado para ajuste do ângulo de disparo do triac. O sistema foi completamente montado e testado no software Proteus, e o código utilizado pelo Arduino foi programado na IDE própria.

DESENVOLVIMENTO

O sistema conta basicamente com um triac controlando uma lâmpada incandescente, mas para isso acontecer de forma digital, foram necessárias algumas mudanças em relação a um dimmer convencional. A principal mudança é que como o sistema digital trabalha com tensão DC de nível lógico, usualmente de zero a cinco Volts, para acionar o gatilho do triac foi necessário utilizar um optoacoplador de modelo MOC3021, pois a tensão de nível lógico do Arduino não pode estar fisicamente atrelada a tensão AC do circuito.

Outra mudança feita para garantir precisão no disparo do triac foi o desenvolvimento de um circuito *zero-hold* responsável por gerar um sinal para o Arduino cada vez que a fase seja invertida. para o circuito foi utilizado um retificador em ponte de onda completa, aliado a um optoacoplador, para que cada vez que a fase for invertida, seja gerado um pulso cada vez que a fase seja invertida. Para que esse sinal chegue no Arduino, ele passa por um optoacoplador do tipo 4N25, que utiliza um fototransistor do tipo NPN para que o sinal seja recebido pelo Arduino na porta 2, em nível lógico.


```

#define triac 3                // define o pino de controle do triac
#define LDR A0                // define o pino de entrada do LDR

int tempo_gatilho = 128;
void setup() {
  pinMode(LDR, INPUT);        // define o LDR como entrada
  pinMode(triac, OUTPUT);     // define o pino de controle do triac como
  saida
}

void loop() {
  int valorLDR = analogRead(LDR); // salva o valor lido do LDR na variavel
  valorLDR
  tempo_gatilho = 128 * valorLDR; // faz a proporcional para calcular o tempo
  de acionamento do triac
  /*
  * Calculo da proporcional:
  * periodo da rede = 1/60Hz = 16.6ms = 16666.6us
  * (16666.6us - 10us (do delay de debounce abaixo)) / 128 = aproximadamente 128
  */
  attachInterrupt(0, zero, FALLING); // gera uma interrupcao toda vez que o
  circuito detectar um zero (inversao de fase)
  delayMicroseconds(1000); // periodo da rede é 16.6ms (1/60Hz), 10 x
  frequencia da rede é 1,66ms. atualizacao do laco maior que 10x a frequencia da
  rede (1ms)
}
void zero(){ // funcao que trata a interrupcao e detectado
  uma inversao de fase
  delayMicroseconds(tempo_gatilho); // assim que detecta a inversao espera o tempo
  calculado na proporcional do loop
  digitalWrite(triac, HIGH); // aciona o gatilho do triac
  delayMicroseconds(10); // delay de debounce
  digitalWrite(triac, LOW); // desaciona o gatilho do triac
}

```

Imagem 2: código implementado no Arduino para controle do dimmer.

REQUISITOS

Para o desenvolvimento do projeto foi levantado em consideração os seguintes requisitos básicos:

- Sistema deve ser de laço fechado, a realimentação é mediante o LDR;

A cada ciclo do laço de repetição fechado, a variável valorLDR é realimentada com um novo valor lido do LDR.

- A referência de luminosidade, vai alterar ângulo de disparo do Triac, e esta referência será através de um potenciômetro externo;

O LDR está conectado junto com o potenciômetro, e o sistema altera o ângulo de disparo dependendo do sinal recebido do LDR e o potenciômetro de referência.

- O sistema de controle fica a critério do projetista, podendo ser um P, PD ou PID;

Para o sistema de controle foi usado um sistema de controle proporcional, e o mesmo é utilizado para calcular o tempo de disparo do triac, fazendo uma proporcional entre uma variável definida a partir do período da rede e do valor do LDR junto do potenciômetro de ajuste de ângulo de disparo.

- Visualizar os resultados de saída mediante um osciloscópio e uma lâmpada incandescente;

Foi utilizada uma lâmpada incandescente e também osciloscópio demonstrando o sinal da rede, do gatilho do triac, e também do circuito *zero-hold*.

- O triac deve trabalhar a uma tensão de 127 ou 220V;

O circuito funciona tanto para 127 ou 220V, bastando apenas alterar o potenciômetro de ajuste de ângulo de disparo, para melhor calibragem do sistema de iluminação.

- O controle pode ser realizado mediante um Arduino ou outro microcontrolador;

O controle do sistema é feito por um Arduino UNO, utilizando um microcontrolador ATmega 328p.

- A taxa de atualização e do laço de controle deve ser igual ou superior 10x a frequência da rede;

A taxa de atualização do laço de controle adotada foi de 1ms, mais de dez vezes maior que os 16,67ms da rede. Os cálculos podem ser vistos no programa Arduino.

- Utilizar detecção de passo por zero (zero-hold) caso seja necessário.

Foi desenvolvido um circuito *zero-hold* para sinalizar ao Arduino, através da porta digital dois, cada vez que a rede tem a fase invertida.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para efetuar os testes necessários para demonstrar o funcionamento do dispositivo, foi utilizado uma lâmpada incandescente, e um osciloscópio conectado em quatro canais, sendo o canal A conectado na saída do circuito *zero-hold* (em amarelo no gráfico), o canal B conectado na a rede (azul), o canal C conectado na saída do sinal de gatilho do triac (vermelho), e o canal D ligado na lâmpada (verde). Pode-se notar em amarelo na imagem abaixo, que quando a fase é invertida, o circuito *zero-hold* fica em nível alto.

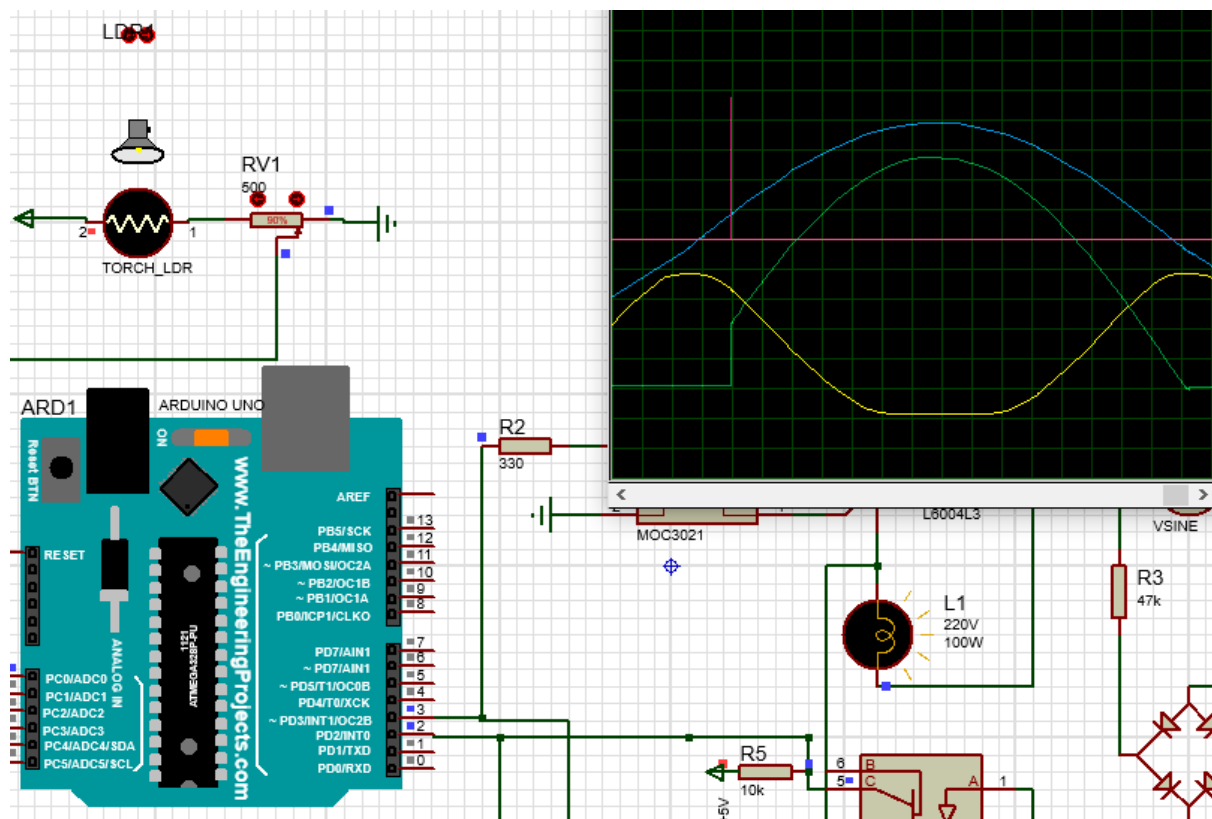


Imagem 3: Simulação com o ângulo de disparo próximo a 0°.

Na simulação acima, o ângulo de disparo foi ajustado para próximo de 0°, fazendo com que o brilho da lâmpada fosse intenso.

Já na simulação abaixo, o ângulo de disparo foi ajustado para próximo de 90° , fazendo com que o brilho da lâmpada fosse aproximadamente metade do total.

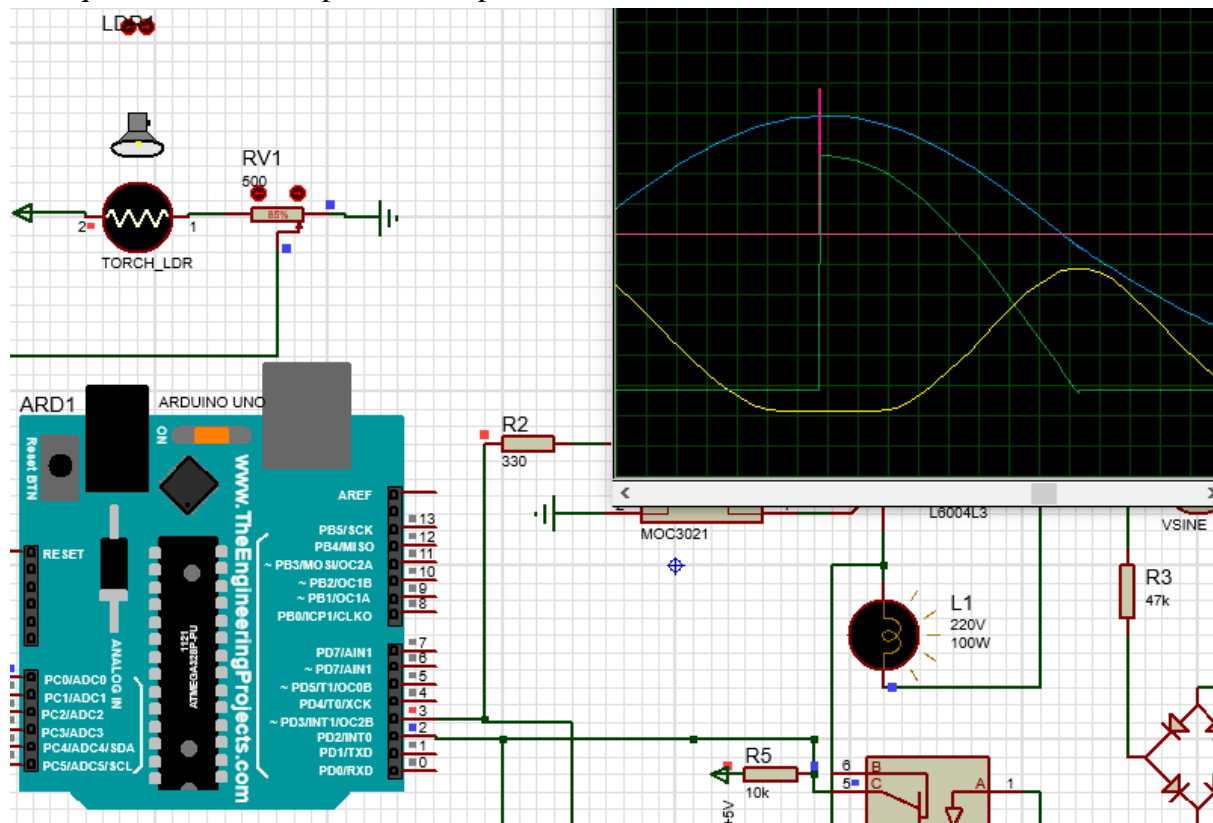


Imagem 4: Simulação com o ângulo de disparo próximo a 90° ou $\frac{\pi}{2}$.

Posteriormente, o ângulo de disparo foi ajustado para próximo de 180° , fazendo com que o brilho da lâmpada desligasse.

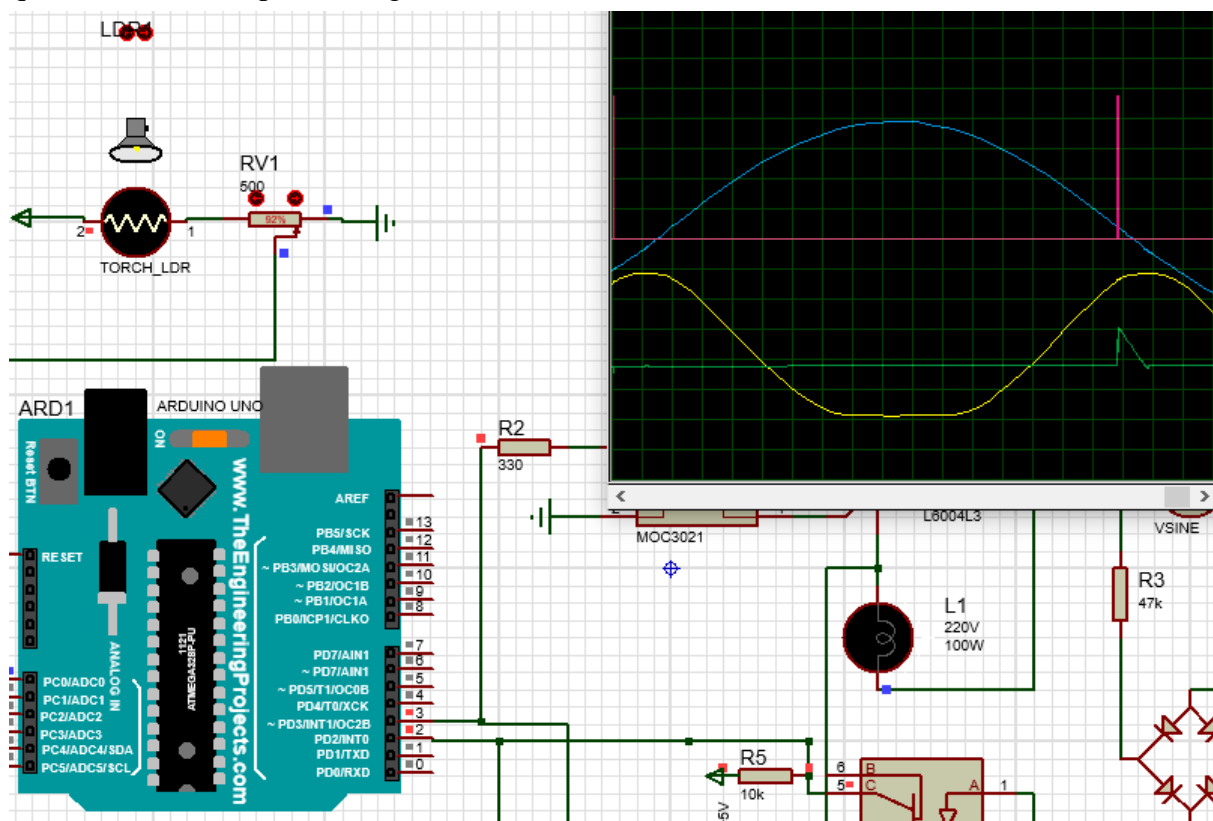


Imagem 5: Simulação com o ângulo de disparo próximo a 90° ou π .

CONCLUSÃO

Pode-se concluir que o sistema de dimmer controlado digitalmente é de muita relevância, visto que até o presente dia se utiliza amplamente dimmers analógicos, e os digitais proporcionam infinitas possibilidades de utilização, implementação e aplicação do projeto. O projeto desenvolvido em questão, pode ser utilizado em todo o tipo de aplicação de iluminação inteligente, que tem sido uma pauta extremamente importante nos últimos anos, visto as tendências mundiais de economia de energia, os sistemas inteligentes, principalmente no ramo da iluminação são de grande valia. O projeto em questão teve seu funcionamento conforme projetado e atendeu todos os requisitos necessários.