

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA – CCT

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA – DEE

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – TCC

**Controle de Potência
De Cargas Resistivas
Usando a Técnica
De Cruzamento Pelo Zero
Baseado em Um Gerador PWM
Microcontrolado**

ALUNO: JOSÉ JACKSON MACIEL FEIJÓ

MAT.: 29521171

ORIENTADOR: LUIS REYES ROSALES MONTERO

Campina Grande – PB



Biblioteca Setorial do CDSA. Fevereiro de 2021.

Sumé - PB

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

ÍNDICE

INTRODUÇÃO	03
DESENVOLVIMENTO	03
HISTÓRICO	03
PROGRAMA	05
TRIAC	10
INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA – IEM	11
ZERO CROSSING	12
APLICAÇÕES	14
ANEXOS	16

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

INTRODUÇÃO

O projeto do controle de potência de cargas resistivas usando a técnica de cruzamento pelo zero baseado em um gerador PWM microcontrolado, visa possibilitar a implementação de vários tipos de controles com variação da varredura nos ciclos de trabalho (Duty Cycle), a variação ocorre de 0 a 100% de uma determinada quantidade de ciclos de amostra, da tensão de alimentação. O Gerador PWM implementado com microcontrolador ficou definido para duas frequências de operações. Uma saída com frequência de 100Hz e uma saída de potência com ajuste em 50 ciclos da frequência de operação (60Hz).

O ajuste do Duty Cycle (Ciclo de Trabalho), realizado pelo usuário pode ser realizado em duas teclas:

Incrementa (+)
Decrementa (-)

Ao pressionar das teclas o valor do Duty Cycle do sinal de saída será exibido em 2 displays de 7 segmentos em porcentagem (%).

Várias são as utilizações do Gerador PWM e neste trabalho foram realizados testes com obtenção de sinais para o acionamento de um LED com variação do tempo de piscar e luminância do mesmo (Saída com a frequência de 100Hz).

O sinal é de 100 Hz de maior frequência, isto justamente para o acionamento de chaves mais rápidas e controle de potência em cargas DC, tem um passo de 1% , onde o Duty cycle é o mesmo do sinal de controle de potência AC, onde o display exibe simultaneamente o Duty cycle das duas saídas.

Foi realizado também o controle de velocidade do motor de um ventilador e acionamento do controle de temperatura de um ferro de solda ambos usando um OPTODIAC para o acionamento de um TRIAC (Saída de potência).

Além dessas utilidades onde foram realizados os testes experimentais do Gerador PWM, algumas outras utilidades do mesmo serão relatadas no desenvolver do trabalho.

DESENVOLVIMENTO

HISTÓRICO

Estudos vêm demonstrando que é cada vez maior o percentual de cargas elétricas que utilizam algum tipo de conversor eletrônico de potência. Estimativas indicam que aproximadamente 50% de toda a energia elétrica consumida passe por algum tipo de processamento eletrônico. Em grande parte destas cargas, sejam industriais ou residenciais, tem-se a presença de um estágio retificador na conexão com a rede, com a alimentação da carga sendo feita a partir da tensão contínua obtida em sua saída (conversores de frequência, UPS's, equipamentos de informática, áudio, vídeo, iluminação, etc.).

A estrutura mais simples para tais retificadores, desde que não seja necessário um ajuste no valor da tensão contínua, é a de um retificador com um filtro capacitivo. No entanto, sabe-se que tais circuitos, sejam eles monofásicos ou trifásicos, apresentam um baixo fator de potência (em torno de 0,6) e distorção harmônica na corrente que em muito

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

excede os limites estabelecidos por normas ou recomendações internacionais, como IEC 61000-3-2 [2] e IEC 61000-3-4 [3].

Indutores e capacitores podem ser utilizados em conjunto com pontes retificadoras para melhorar a forma de onda da corrente de entrada. A simples adição de um indutor na entrada da ponte de diodos já causa uma melhora: diminui a distorção da forma de onda da corrente e o fator de potência se eleva.

Os atrativos do uso de filtros LC para melhorar o fator de potência são sua simplicidade, baixas perdas e confiabilidade, devido à ausência de elementos ativos. No entanto, também apresentam inúmeras desvantagens que limitam sua aplicação, como resposta dinâmica pobre, são pesados e volumosos, não possibilitam regulação de tensão, afetam as formas de onda na frequência fundamental e seu correto dimensionamento não é simples.

As soluções ativas são mais vantajosas. Topologias com chaveamento em alta frequência levam a uma drástica redução nos valores dos elementos passivos (indutores e capacitores) utilizados, mas podem produzir problemas de interferências eletromagnéticas.

As topologias com chaveamento em baixa frequência apresentam uma redução nas perdas por comutação e produzem menos interferência eletromagnética. Embora os elementos magnéticos sejam maiores dos que os usados nos retificadores com comutação em alta frequência, é possível que o volume total do retificador seja menor, pela minimização de filtros de EMI (do inglês *Electromagnetic Interference*) e pela minimização dos dissipadores de calor.

Uma das técnicas para minimização da distorção da corrente é a injeção de uma corrente na frequência do terceiro harmônico na entrada do retificador, a qual resulta numa forma de onda com um valor de distorção harmônica total (THD, *Total Harmonic Distortion*) próxima a 5%.

Em tal corrente de entrada é gerada no estágio CC do retificador, através de dois conversores tipo *boost*. A injeção de terceiro harmônico na entrada é feita através de três ramos L-C. Esta mesma topologia pode ser usada como inversor. Porém apresenta algumas desvantagens: em aplicações de potência elevada, os elementos magnéticos podem apresentar um volume grande e existe a possibilidade de ocorrer uma ressonância devido à interação entre a impedância da rede e a do ramo L-C.

Com a utilização de um transformador Zig-zag para fazer a injeção de terceiro harmônico, afasta-se a possibilidade de ressonância. A principal vantagem desta topologia é que sua operação independe da impedância da linha, mas exige um transformador especial.

O uso de um retificador de 12 pulsos com um autotransformador com dois enrolamentos por fase. Novamente tem-se um elemento magnético relativamente complexo sem possibilidade de controle da tensão de saída.

O uso de um circuito que permite, sem alterações significativas na topologia básica do retificador, elevar o fator de potência. A idéia é forçar a existência de uma corrente na fase que estaria desconectada sem alterar o comportamento da saída. No entanto, aparecem picos de tensão sobre os componentes nos momentos de abertura dos interruptores, devido ao desequilíbrio instantâneo das correntes, os quais devem ser limitados por circuitos *snubber*. Outra desvantagem é a necessidade da alimentação ser feita com neutro acessível, pelo qual circula uma corrente de terceiro harmônico de amplitude significativa.

O projeto do gerador PWM microcontrolado aplicado no controle do nível de potência de cargas AC visa possibilitar redução de harmônicos através do cruzamento por zero da tensão de alimentação.

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

PROGRAMA

/******

GERADOR – PWM MICROCONTROLADO

ALUNO: JOSÉ JACKSON MACIEL FEIJÓ MAT.: 29521171

ORIENTADOR: LUIS REYES ROSALES MONTERO

*****/

```
#include <AT89x051.H> /* Definições dos registradores do At89c4051 */
#include <stdio.h> /* Protótipo das declarações das funções de I/O */
#include <intrins.h>

/* Definições */

#define LED P3_4 // Led Piloto
#define INCREMENTA P3_2 // Botão Incrementa (+)
#define DECREMENTA P3_3 // Botão Decrementa (-)
#define SAIDAPWM P3_5 // Saída do sinal PWM
#define SAIDAPWM_PWR P3_7 // Saída do sinal PWM para acionamento do optodiac

#define DISPLAY P1 // Porta P1 onde está conectado os segmentos do Display
#define DIGITO1 P3_0 // Pino de seleção do dígito 1
#define DIGITO2 P3_1 // Pino de seleção do dígito 2

/* Protótipo de funções */

void ajusta_timer0(void); // Função que ajusta a temporização do TIMER 0
void le_tecla(void); // Função que faz a leitura das teclas
void atualiza_display(void); // Função que exhibe o valor nos displays

/* Declaração de variáveis */

unsigned char pwm = 0; // variável do valor do PWM
unsigned char display_tic = 0; // Variável de base de tempo de varredura dos displays
unsigned char tic_tac = 0; // Variável de base de tempo

unsigned char pwm_tic = 0; // Variável de base de tempo para o PWM de 100Hz
unsigned int pwm_pwr = 0; // Variável de base de tempo para a saída PWM para o optodiac

//Os dígitos do display estão alocados nas 10 posições de uma matriz
//Os dígitos armazenados são: 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
/* onde:
```

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

```
a -> P1_7
b -> P1_6
c -> P1_5
d -> P1_4
e -> P1_3
f -> P1_2
g -> P1_1
PT -> P1_0

*/
unsigned char digito [10]={0x03,0x9f,0x25,0x0d,0x99,0x49,0x41,0x1f,0x01,0x09};

/* Programa Principal */
void main(void)
{
    LED = 1;           // Apaga Led
    INCREMENTA = 1    // Define Botão Incrementa como entrada
    DECREMENTA = 1;   // Define Botão Decrementa como entrada
    SAIDAPWM = 0;     // Zera a Saída do sinal PWM
    SAIDAPWM_PWR = 1; // Apaga o led do optodiodo
    DISPLAY = 0xff;   // Apaga os displays de P1
    DIGITO1 = 0;      // Desabilita o dígito 1
    DIGITO2 = 0;      // Desabilita o dígito 2

    ajusta_timer0(); // Rotina de ajuste do TIMER 0

    while (1) // LOOP
    {
        le_tecla();
        if (display_tic >= 10) {atualiza_display(); display_tic = 0;} // atualiza o
display a cada 1ms

        // Geração do sinal PWM
        if (pwm_tic <= pwm) SAIDAPWM = 1;
        if (pwm_tic > pwm) SAIDAPWM = 0;
        if (pwm_tic >= 100) pwm_tic = 0;

        // Geração do PWM de Potência (PWM POWER), onde 1% de Duty Cycle
dura 8,4ms
        if (pwm_pwr <= pwm*8) SAIDAPWM_PWR = 0; // Aciona a carga
        if (pwm_pwr > pwm*8) SAIDAPWM_PWR = 1; // Desliga a carga
        if (pwm_pwr >= 840) pwm_pwr = 0;

    }
}

/* Subrotinas */
```

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

```
void ajusta_timer0(void)
{
    EA = 0; // Desabilita todas as interrupções
    ET0 = 0; // Desabilita a interrupcao do timer 0
    TR0 = 0; // desliga timer 0
    PT0 = 1; // interrupção de alta prioridade!!!

    TMOD = (TMOD & 0xf0) | 0x02; // 11110010 = modo 2 = auto recarga

//    TH0 = TL0 = 0x38; // contagem para 200 micro segundos p xtal de 12MHz

    TH0 = TL0 = 0x5c; // contagem para 100 micro segundos p xtal de 11.0592MHz

    EA = 1; // Habilitação Global das Interupções
    ET0 = 1; // habilita a interrupcao do timer 0
    TR0 = 1; // liga timer 0
}

// Leitura das teclas

void le_tecla (void)
{
    static bit anteriorincrementa;
    static bit anteriordecrementa;

    // Rotina de Leitura do botão incrementa
    if (anteriorincrementa == 1 && INCREMENTA == 0 && DECREMENTA == 1)
    {
        pwm++;
    }
    anteriorincrementa = INCREMENTA;

    // Rotina de Leitura do botão Decrementa
    if (anteriordecrementa == 1 && DECREMENTA == 0 && INCREMENTA == 1
    && pwm != 0)
    {
        pwm--;
    }
    anteriordecrementa = DECREMENTA;

    if (pwm >= 100) pwm = 99; // Evita q o valor de PWM passe de 99

    if (DECREMENTA == 0 || INCREMENTA == 0) LED = 0; // Ascende o Led
    enquanto alguma das teclas estiverem presionada.
    if (DECREMENTA == 1 && INCREMENTA == 1) LED = 1; // Apaga o Led
    quando nenhuma das teclas estão presionadas
}
```


TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

// Atualização dos displays

```
void atualiza_display(void)
```

```
{
```

```
    static unsigned char a = 0;
```

```
    switch (a)
```

```
    {
```

```
        // Exibição do dígito das unidades
```

```
        case 0:
```

```
            DIGITO1 = 0;
```

```
            DIGITO2 = 0;
```

```
            DISPLAY = digito [((pwm%100)%10)]; // exibe as unidades
```

```
            DIGITO1 = 1;
```

```
            a++;
```

```
            break;
```

```
        // Exibição do dígito das dezenas
```

```
        case 1:
```

```
            DIGITO1 = 0;
```

```
            DIGITO2 = 0;
```

```
            DISPLAY = digito [((pwm%100)/10)]; // exibe as dezenas
```

```
            DIGITO2 = 1;
```

```
            a = 0;
```

```
            break;
```

```
        default: a = 0;
```

```
    }
```

```
}
```

```
void base_tempo_timer0 (void) interrupt 1 // Função de atendimento a interrupção do  
TIMER 0
```

```
{
```

```
    display_tic ++; // incrementa a base de tempo
```

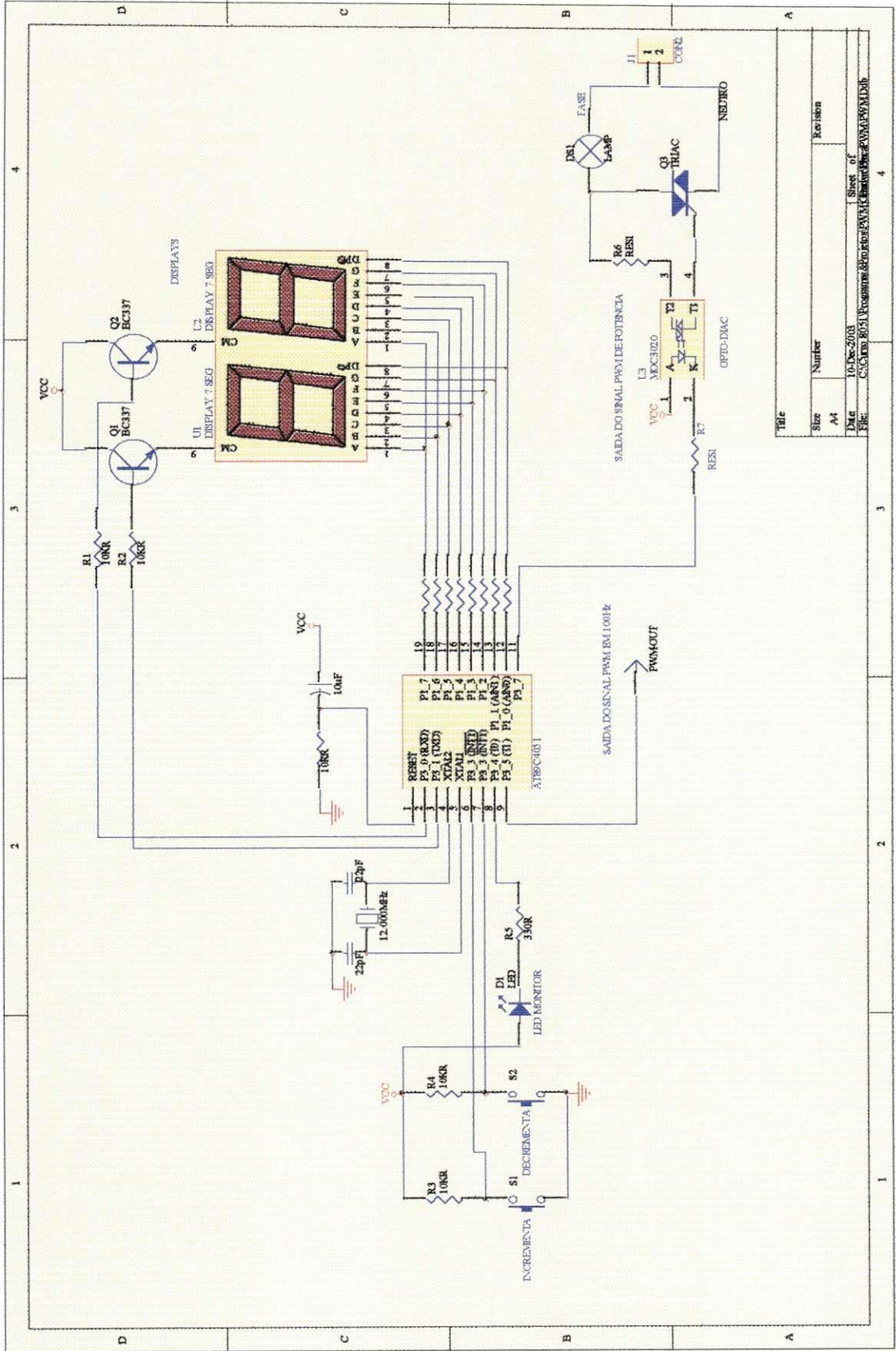
```
    pwm_tic ++; // incrementa a base de tempo do sinal PWM de saída
```

```
    pwm_pwr ++; // incrementa a base de tempo para o sinal pwm de controle do
```

```
optodiac
```

```
    // Como a base de tempo é de 100us mei ciclo acontece quando pwm_pwr =
```

```
84 (8,4 ms)
```



Title	
Size	Number
A4	Revision
Date	Sheet of
File	C:\C:\PROJ\RESISTOR\PROJ\RESISTOR\RESISTOR\RESISTOR.Dwg

TRIAC

O TRIAC desempenha a função de 2 SCRs numa operação de onda completa. A Fig.1 mostra a característica estática de um TRIAC e o seu símbolo. Esta curva mostra a corrente através do TRIAC como uma função da tensão aplicada entre os terminais principais "1" e "2" e da corrente de porta (gate).

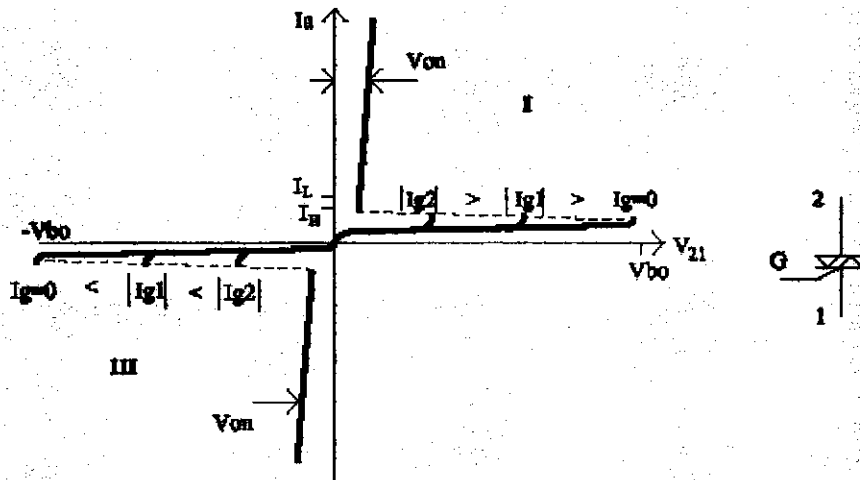


Figura . 1 – Característica estática de TRIAC e seu símbolo.

No quadrante (I), a polaridade no terminal principal "2" é positiva em relação ao terminal principal "1". No quadrante (III), a tensão no terminal principal "2" é negativa em relação ao terminal principal "1". Aumentando a tensão positiva aplicada ao terminal "2", como mostra a curva no quadrante (I), atinge-se a tensão de "break-over" V_{BO} na qual o dispositivo comuta de um estado de bloqueio para um estado de condução. O TRIAC permanece no estado ligado até que a corrente " I_a " caia abaixo da corrente de manutenção (I_H) quando então ele se desliga. Se a tensão V_{21} é invertida ($V_{21} < 0$), a mesma ação comutação ocorre, como mostra a curva no quadrante (III). Assim, o TRIAC é capaz de chavear do estado ligado para o estado desligado e vice-versa, para qualquer polaridade de v_{21} .

Os modos de operação mais utilizados são (I)+ e (III)- que correspondem, respectivamente, a:

$$\begin{array}{l} V_{21} > 0 \quad \text{e} \quad i_G > 0 \\ V_{21} < 0 \quad \text{e} \quad i_G < 0 \end{array}$$

Além disso, podem ser usados os modos (I)- e (III)+ que correspondem, respectivamente, a:

$$\begin{array}{l} V_{21} > 0 \quad \text{e} \quad i_G < 0; \\ V_{21} < 0 \quad \text{e} \quad i_G > 0, \end{array}$$

sendo menos preferido pelo fato de exigirem uma maior corrente de porta.

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

A Fig. 2 mostra a estrutura interna de um TRIAC. Observe que todas as metalizações dos terminais fazem contato tanto com uma região N como com uma região P, de modo a permitir a bidirecionalidade do dispositivo.

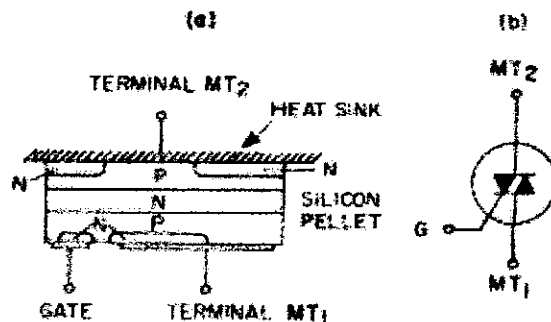


Figura . 2 – Estrutura interna (simplificada) de TRIAC e seu símbolo (reproduzido de GE SCR manual).

O DIAC tem comportamento análogo mas, por não dispor do terminal de gate, só é acionado quando é atingida a tensão de ruptura. É um componente de baixa potência (baixa corrente) usado, normalmente, em circuitos de disparo de TRIACS e SCRs.

INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA - IEM

Os elevados valores de dv/dt e di/dt (taxas de variação de tensão e de corrente no tempo, respectivamente) produzidos pelo controle de fase, são uma fonte potencial de problemas de interferência eletromagnética, quer seja irradiada, quer seja conduzida pela rede de alimentação. É bastante comum captar-se esta interferência nos rádios receptores, principalmente em AM (modulação em amplitude).

Como as amplitudes das harmônicas diminuem com a frequência, a interferência nas faixas de TV e FM é, em geral, desprezível. Quando a interferência se propaga pela rede ela pode produzir mal funcionamento de outros equipamentos conectados à mesma instalação.

Diversas normas internacionais estabelecem limites para os níveis de IEM produzidos por aparelhos elétricos e eletrônicos.

Uma alternativa ao controle de fase utilizado em tiristores é o controle por ciclos inteiros, no qual a entrada e a saída de condução do tiristor (seja ele um SCR ou um TRIAC que foi usado no projeto), ocorre sempre quando tensão e/ou corrente são nulas, eliminando o dv/dt e/ou o di/dt . Ou seja os instantes de entrada ou saída de condução podem ocorrer apenas a cada semi-ciclo, o que faz com que este seja um tipo de controle discreto e não contínuo, como é o controle de fase.

Para que seja possível um controle aceitável da variável de interesse, a variável a ser controlada no sistema deve apresentar uma constante de tempo suficientemente grande para que as comutações de baixa frequência resultantes não afetem o processo.

Exemplificando, não se usa controle de ciclos inteiros para ajustar o brilho médio de uma lâmpada incandescente, uma vez que ela se comportaria como um pisca-pisca. Mas pode-se utilizá-lo no controle de temperatura de um forno, que tem grande inércia térmica.

ZERO CROSSING

O controle do TRIAC com cruzamento por zero (Zero Crossing) é usado para regular a potência para uma carga resistiva. O controle usa um TRIAC acionado por um OPTODIAC que é regulado por um gerador PWM. O Gerador PWM foi ajustado para 50 ciclos da frequência de operação da carga resistiva. O ajuste é realizado de 0 a 100% do número de ciclos de tensão, ou seja a cada 1% da varredura teremos a metade de um ciclo de 60Hz.

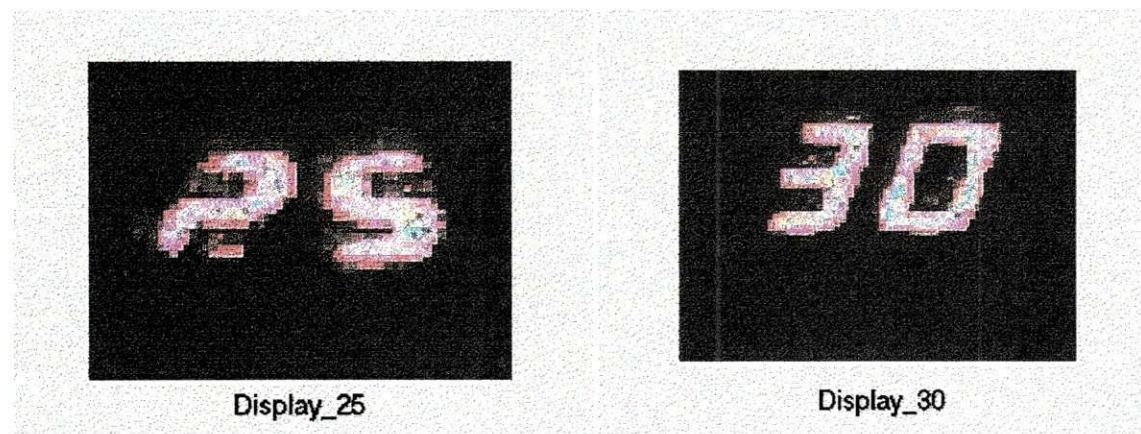
Portanto o ajuste do cruzamento por zero da tensão AC ficou programado pelo PWM para metade ou ciclos completos da forma de onda da tensão AC ou seja, o TRIAC será acionado exatamente no cruzamento por zero da tensão. Como as gerações de harmônicas estão associadas com o ângulo de disparo do controle do TRIAC, teremos neste acionamento com o gerador PWM justamente o disparo da tensão no cruzamento por zero minimizando assim o aparecimento das mesmas.

Uma variável de tempo fixa é usada para prever o controle de potência de uma carga resistiva. O cruzamento por zero não é usado no controle do acionamento de cargas indutivas como os motores.

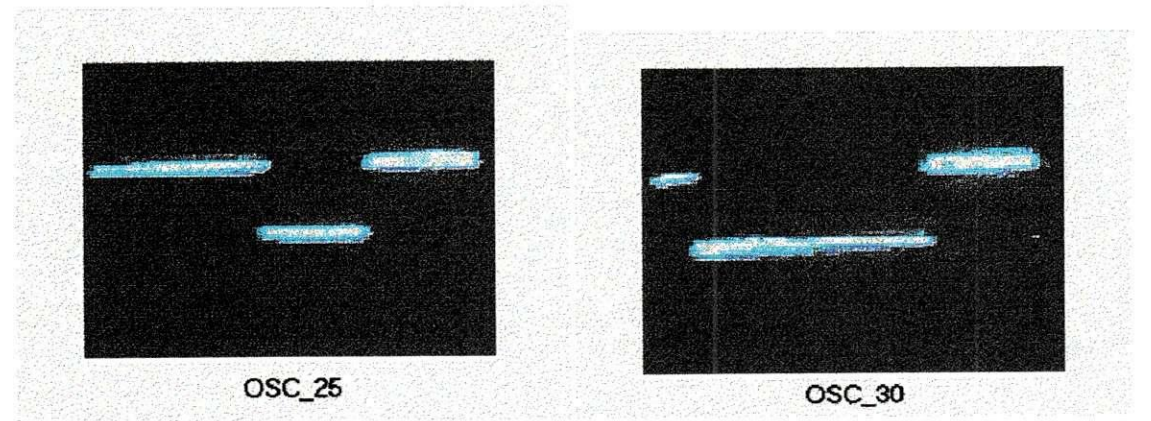
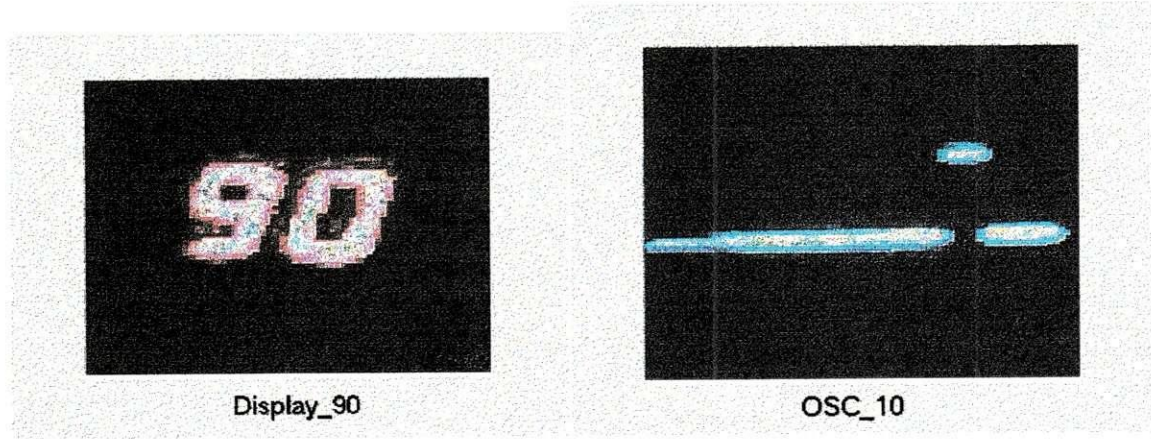
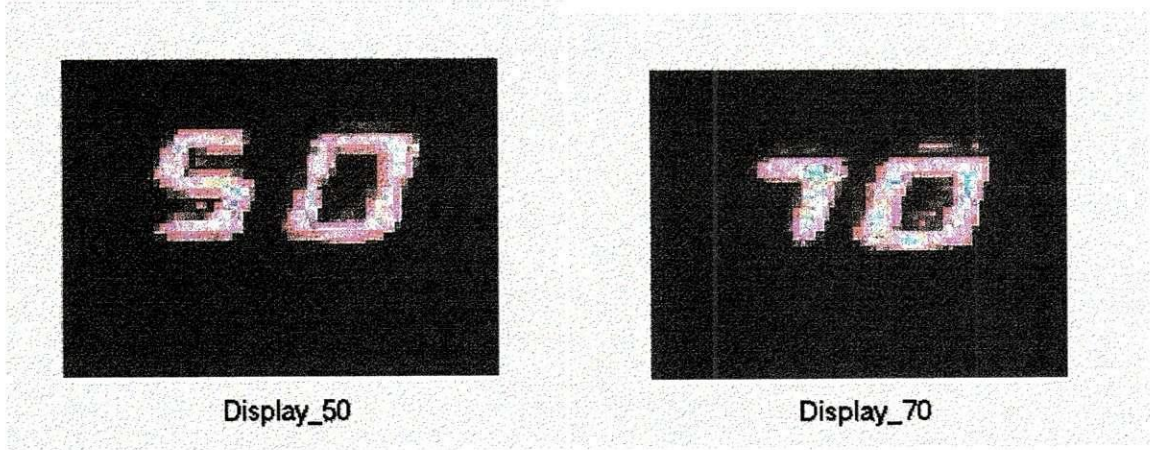
Todos os controladores que operam com o cruzamento por zero usam um número fixo de ciclos da tensão AC, no nosso controle foram 50 ciclos por período. Estes são essencialmente dois tipos: Tempo Proporcional e Tempo Variável da duração do período de 50 ciclos.

Desligado ou 0%	0 ciclos de condução.
1%	1/2 ciclo de condução
10%	5 ciclos de condução
25%	12.5 ciclos de operação
50%	25 ciclos de operação
75%	37.5 ciclos de operação
100%	50 ciclos de operação

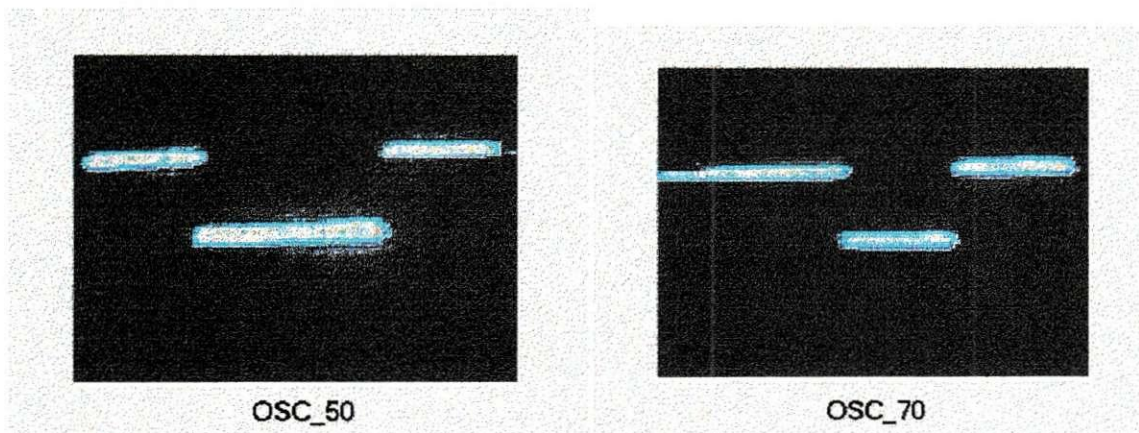
FOTOS DOS DISPLAYS E FORMA DE ONDA PARA AS PORCENTAGEM DE VARREDURA



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC



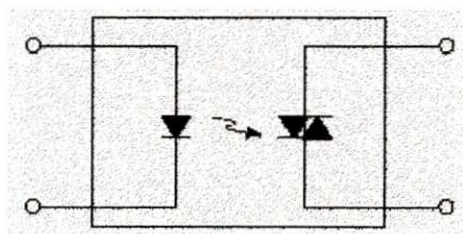
APLICAÇÕES

Quase todas as aplicações de cruzamento por zero envolve o controle de temperaturas. Exemplos: Secadores, Fornos, Equipamentos de Moldagem, Equipamentos de Destilação, Extufas, Câmeras Ambientais.

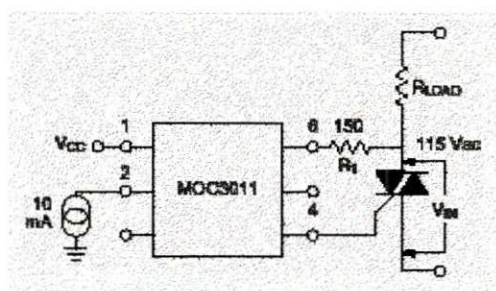
Indústrias que usam o método de controle por cruzamento por zero são: Plásticos, Lubrificantes, Petróleo, Metal, Têxtil, Papel, etc. Todas essas indústrias envolvem na manufatura de materiais básicos o uso de controle de temperaturas. Portanto, são várias as aplicações no controle por cruzamento por zero.

APLICAÇÕES COM MOC3020

MODELO



Cargas Resistivas

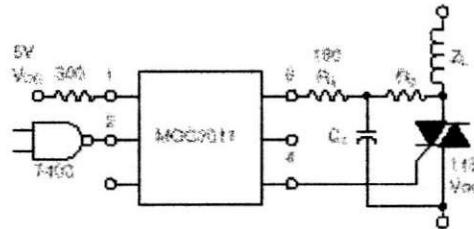


Esse é um modelo para uma variedade de cargas resistivas que foram descritas nas aplicações usando o cruzamento por zero da tenção de alimentação da carga.

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC

Esse é um modelo para uma variedade de cargas resistivas que foram descritas nas aplicações usando o cruzamento por zero da tensão de alimentação da carga.

Cargas Indutivas



Esse modelo é usado para a utilização de motores que é um tipo típico de carga indutiva.

TRANSDUTORES

O transdutor de potência típico é projetado para filtrar “ripples” AC que é o resultado da multiplicação da tensão AC com a corrente AC. Para uma carga em fase única de uma fonte de 60Hz a frequência do Ripple estará em torno de 120Hz e tem um valor de pico a pico mínimo que é duas vezes a potência atual. Para filtrar o componente AC o transdutor alcança uma varredura entre 200 a 400ms, isto irá filtrar totalmente os Ripples.

Um transdutor de potência medindo a potência regulada por um controle pelo cruzamento por zero deve: Filtrar o Ripple de 120Hz e também filtrar as mudanças da potência de zero a um valor máximo para um controle regulado isto significa que ele deve alcançar um período de 180 ciclos.

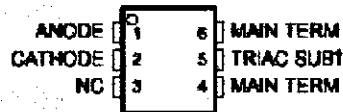
ANEXOS:

**MOC3020 THRU MOC3023
OPTOCOUPERS/OPTOISOLATORS**

SOE8925A - OCTOBER 1988 - REVISED APRIL 1988

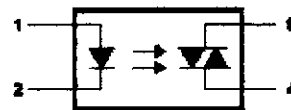
- 400 V Phototriac Driver Output
- Gallium-Arsenide-Diode Infrared Source and Optically-Coupled Silicon Triac Driver (Bilateral Switch)
- UL Recognized . . . File Number E65085
- High Isolation . . . 7500 V Peak
- Output Driver Designed for 220 Vac
- Standard 6-Terminal Plastic DIP
- Directly Interchangeable with Motorola MOC3020, MOC3021, MOC3022, and MOC3023

MOC3020 - MOC3023 . . . PACKAGE
(TOP VIEW)



† Do not connect this terminal
NC - No internal connection

logic diagram



typical 115/240 Vac(rms) applications

- Solenoid/Valve Controls
- Lamp Ballasts
- Interfacing Microprocessors to 115/240 Vac Peripherals
- Motor Controls
- Incandescent Lamp Dimmers

absolute maximum ratings at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)†

Input-to-output peak voltage, 5 s maximum duration, 60 Hz (see Note 1)	7.5 kV
Input diode reverse voltage	3 V
Input diode forward current, continuous	50 mA
Output repetitive peak off-state voltage	400 V
Output on-state current, total rms value (50-60 Hz, full sine wave): T _A = 25°C	100 mA
T _A = 70°C	50 mA
Output driver nonrepetitive peak on-state current (t _w = 10 ms, duty cycle = 10%, see Figure 7)	1.2 A
Continuous power dissipation at (or below) 25°C free-air temperature:	
Infrared-emitting diode (see Note 2)	100 mW
Phototriac (see Note 3)	300 mW
Total device (see Note 4)	330 mW
Operating junction temperature range, T _J	-40°C to 100°C
Storage temperature range, T _{stg}	-40°C to 150°C
Lead temperature 1,6 (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C

† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTES:
1. Input-to-output peak voltage is the internal device dielectric breakdown rating.
 2. Dissipate linearly to 100°C free-air temperature at the rate of 1.33 mW/°C.
 3. Dissipate linearly to 100°C free-air temperature at the rate of 4 mW/°C.
 4. Dissipate linearly to 100°C free-air temperature at the rate of 4.4 mW/°C.

PRODUCTION DATA Information to assist in product selection.
Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments
standard warranty. Production processing does not necessarily include
testing of all parameters.



Copyright © 1988, Texas Instruments Incorporated

**MOC3020 THRU MOC3023
OPTOCOUPERS/OPTOISOLATORS**

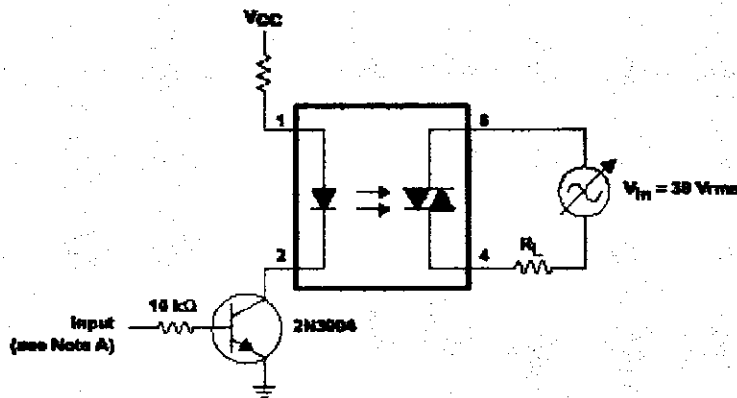
SOE8025A - OCTOBER 1986 - REVISED APRIL 1988

electrical characteristics at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT	
I_R Static reverse current	$V_R = 3\text{ V}$		0.05	100	μA	
V_F Static forward voltage	$I_F = 10\text{ mA}$		1.2	1.5	V	
$I_{(DRM)}$ Repetitive off-state current, either direction	$V_{(DRM)} = 400\text{ V}$, See Note 5		10	100	nA	
dv/dt Critical rate of rise of off-state voltage	See Figure 1		100		V/ μs	
$dv/dt(c)$ Critical rate of rise of commutating voltage	$I_O = 15\text{ mA}$, See Figure 1		0.15		V/ μs	
I_{FT} Input trigger current, either direction	MOC3020	Output supply voltage = 3 V		15	30	mA
	MOC3021		8	15		
	MOC3022		5	10		
	MOC3023		3	5		
V_{TM} Peak on-state voltage, either direction	$I_{TM} = 100\text{ mA}$		1.4	3	V	
I_H Holding current, either direction			100		μA	

NOTE 5: Test voltage must be applied at a rate no higher than 12 V/ μs .

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



NOTE A: The critical rate of rise of off-state voltage, dv/dt , is measured with the input at 0 V. The frequency of V_{in} is increased until the phototriac turns on. This frequency is then used to calculate the dv/dt according to the formula:

$$dv/dt = 2\sqrt{2} f V_{in}$$

The critical rate of rise of commutating voltage, $dv/dt(c)$, is measured by applying occasional 5-V pulses to the input and increasing the frequency of V_{in} until the phototriac stays on (latches) after the input pulse has ceased. With no further input pulses, the frequency of V_{in} is then gradually decreased until the phototriac turns off. The frequency at which turn-off occurs may then be used to calculate the $dv/dt(c)$ according to the formula shown above.

Figure 1. Critical Rate of Rise Test Circuit



POST OFFICE BOX 655563 • DALLAS, TEXAS 75265

TYPICAL CHARACTERISTICS

EMITTING-DIODE TRIGGER CURRENT (NORMALIZED)
VS
FREE-AIR TEMPERATURE

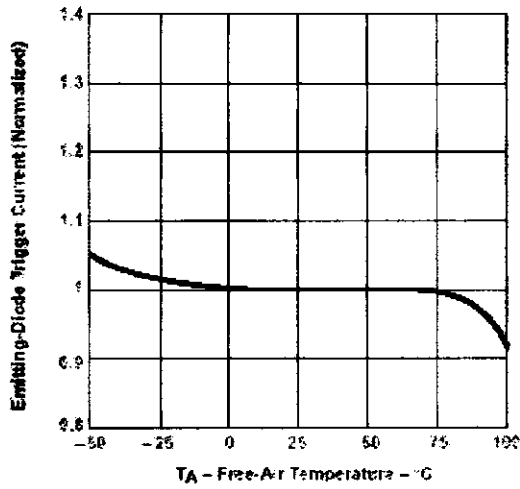


Figure 2

ON-STATE CHARACTERISTICS

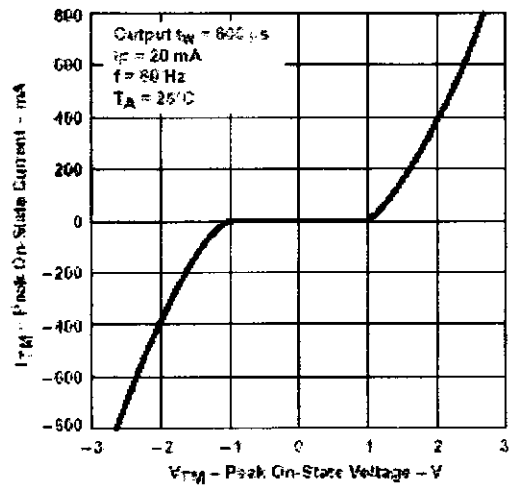


Figure 3

NONREPETITIVE PEAK ON-STATE CURRENT
VS
PULSE DURATION

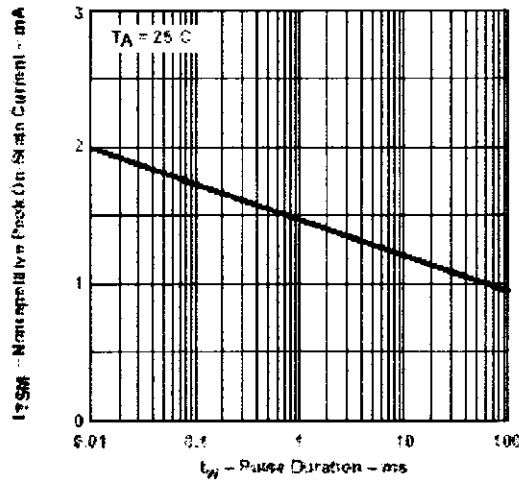


Figure 4



**MOC3020 THRU MOC3023
OPTOCOUPERS/OPTOISOLATORS**

REV. 000001 - 01/03/01 - 01/08/01 - RETURN TO APPROV. 1994

APPLICATIONS INFORMATION

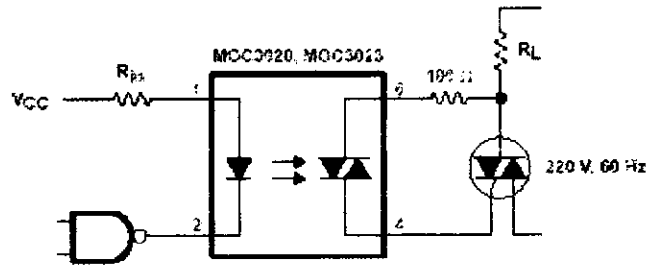


Figure 5. Resistive Load

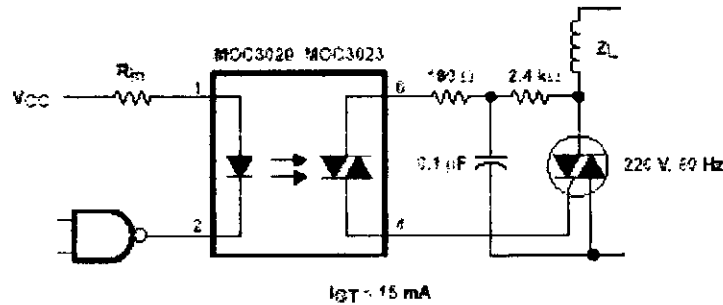


Figure 6. Inductive Load With Sensitive-Gate Triac

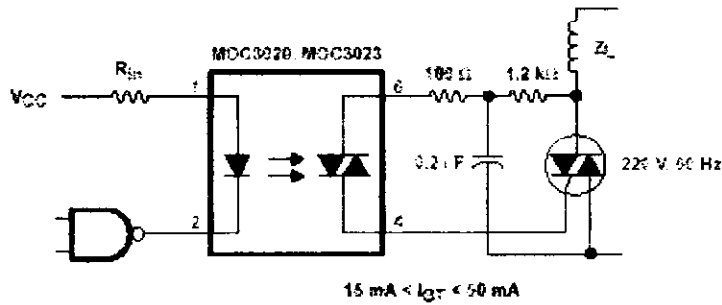


Figure 7. Inductive Load With Nonsensitive-Gate Triac



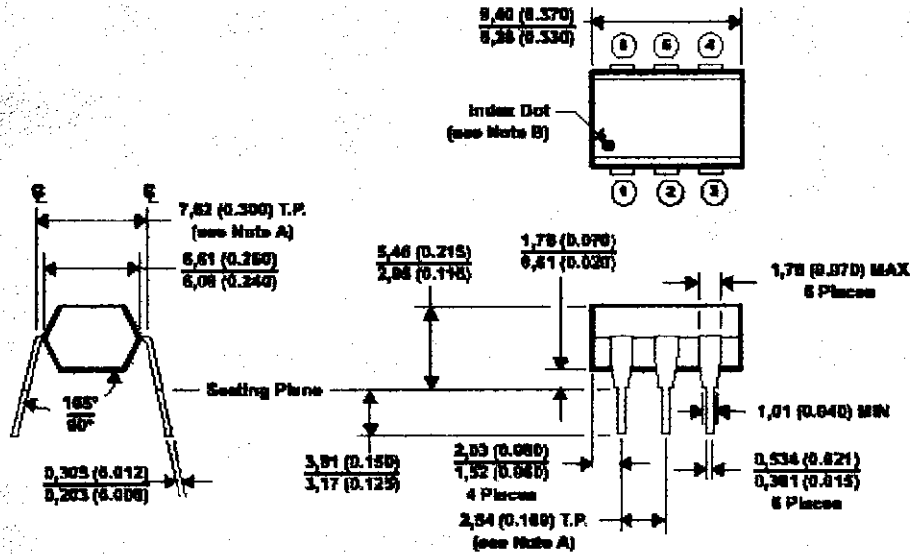
POST OFFICE BOX 6555, DALLAS, TEXAS 75262

**MOC3020 THRU MOC3023
OPTOCOUPERS/OPTOISOLATORS**

SOE3023A - OCTOBER 1998 - REVISED APRIL 1998

MECHANICAL INFORMATION

Each device consists of a gallium-arsenide infrared-emitting diode optically coupled to a silicon phototriac mounted on a 6-terminal lead frame encapsulated within an electrically nonconductive plastic compound. The case can withstand soldering temperature with no deformation and device performance characteristics remain stable when operated in high-humidity conditions.



- NOTES:**
- A. Leads are within 0.13 (0.005) radius of true position (T.P.) with maximum material condition and unit installed.
 - B. Pin 1 identified by index dot.
 - C. The dimensions given fall within JEDEC MO-001 AM dimensions.
 - D. All linear dimensions are given in millimeters and parenthetically given in inches.

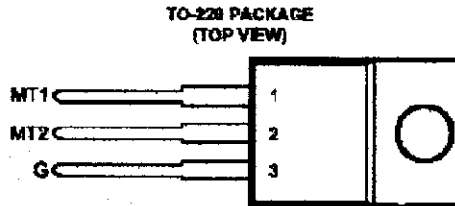
Figure 8. Packaging Specifications

**TIC226 SERIES
SILICON TRIACS**

Copyright © 1987, Power Innovations Limited, UK

APRIL 1971 - REVISED MARCH 1987

- 8 A RMS, 70 A Peak
- Glass Passivated Wafer
- 400 V to 800 V Off-State Voltage
- Max I_{GT} of 50 mA (Quadrants 1 - 3)



Pin 2 is in electrical contact with the mounting base.

MCC226A

absolute maximum ratings over operating case temperature (unless otherwise noted)

RATING	SYMBOL	VALUE	UNIT
Repetitive peak off-state voltage (see Note 1)	TIC226D	400	V
	TIC226M	600	
	TIC226S	700	
	TIC226N	800	
Full-cycle RMS on-state current at (or below) 85°C case temperature (see Note 2)	$I_{T(RMS)}$	8	A
Peak on-state surge current full-sine-wave (see Note 3)	I_{TSM}	70	A
Peak on-state surge current half-sine-wave (see Note 4)	I_{TSM}	80	A
Peak gate current	I_{GM}	±1	A
Peak gate power dissipation at (or below) 85°C case temperature (pulse width ≤ 200 µs)	P_{GM}	2.2	W
Average gate power dissipation at (or below) 85°C case temperature (see Note 5)	$P_{G(AV)}$	0.9	W
Operating case temperature range	T_C	-40 to +110	°C
Storage temperature range	T_{stg}	-40 to +125	°C
Lead temperature 1.8 mm from case for 10 seconds	T_L	230	°C

- NOTES: 1. These values apply bidirectionally for any value of resistance between the gate and Main Terminal 1.
 2. This value applies for 50-Hz full-sine-wave operation with resistive load. Above 85°C denote linearly to 110°C case temperature at the rate of 320 mA/°C.
 3. This value applies for one 50-Hz full-sine-wave when the device is operating at (or below) the rated value of on-state current. Surge may be repeated after the device has returned to original thermal equilibrium. During the surge, gate control may be lost.
 4. This value applies for one 50-Hz half-sine-wave when the device is operating at (or below) the rated value of on-state current. Surge may be repeated after the device has returned to original thermal equilibrium. During the surge, gate control may be lost.
 5. This value applies for a maximum averaging time of 20 ms.

electrical characteristics at 25°C case temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
I_{DRM} Repetitive peak off-state current	$V_D = \text{rated } V_{DRM}$ $I_G = 0$ $T_C = 110^\circ\text{C}$			±2	mA
I_{GT} Peak gate trigger current	$V_{supply} = +12\text{ V}$ $R_L = 10\ \Omega$ $t_{(off)} > 20\ \mu\text{s}$		2	60	mA
	$V_{supply} = +12\text{ V}$ $R_L = 10\ \Omega$ $t_{(off)} > 20\ \mu\text{s}$		-12	-50	
	$V_{supply} = -12\text{ V}$ $R_L = 10\ \Omega$ $t_{(off)} > 20\ \mu\text{s}$		-9	-50	
	$V_{supply} = -12\text{ V}$ $R_L = 10\ \Omega$ $t_{(off)} > 20\ \mu\text{s}$		20		
V_{DRM} Peak gate trigger voltage	$V_{supply} = +12\text{ V}$ $R_L = 10\ \Omega$ $t_{(off)} > 20\ \mu\text{s}$		0.7	2	V
	$V_{supply} = +12\text{ V}$ $R_L = 10\ \Omega$ $t_{(off)} > 20\ \mu\text{s}$		-0.8	-2	
	$V_{supply} = -12\text{ V}$ $R_L = 10\ \Omega$ $t_{(off)} > 20\ \mu\text{s}$		-0.8	-2	
	$V_{supply} = -12\text{ V}$ $R_L = 10\ \Omega$ $t_{(off)} > 20\ \mu\text{s}$		0.9	2	

† All voltages are with respect to Main Terminal 1.

Information is current as of publication date. Products conform to specifications in accordance with the terms of Power Innovations standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.



**TIC226 SERIES
SILICON TRIACS**

APRIL 1971 - REVISED MARCH 1987

electrical characteristics at 25°C case temperature (unless otherwise noted) (continued)

PARAMETER	TEST CONDITIONS			MIN	TYP	MAX	UNIT
V_{TM}	Peak on-state voltage	$I_{TM} = \pm 12 \text{ A}$	$I_G = 50 \text{ mA}$ (see Note 6)		± 1.6	± 2.1	V
I_H	Holding current	$V_{supply} = +12 \text{ V} \uparrow$ $V_{supply} = -12 \text{ V} \downarrow$	$I_G = 0$ $I_G = 0$		5	30	mA
I_L	Latching current	$V_{supply} = +12 \text{ V} \uparrow$ $V_{supply} = -12 \text{ V} \downarrow$	(see Note 7)			50	mA
dv/dt	Critical rate of rise of off-state voltage	$V_{DRM} = \text{Rated } V_{DRM}$	$I_G = 0$		± 100		V/ μs
dv/dt_{CR}	Critical rate of rise of commutation voltage	$V_{DRM} = \text{Rated } V_{DRM}$	$I_{TRM} = \pm 12 \text{ A}$		± 6		V/ μs

† All voltages are with respect to Main Terminal 1.

NOTES: 6. This parameter must be measured using pulse technique. $t_p \leq 1 \text{ ms}$, duty cycle $\leq 2 \%$. Voltage-sensing contacts separate from the current carrying contacts are located within 3.2 mm from the device body.

7. The triacs are triggered by a 15-V (open-circuit amplitude) pulse supplied by a generator with the following characteristics: $R_G = 100 \Omega$, $t_{p(90\%)} = 20 \mu\text{s}$, $t_r \leq 16 \text{ ns}$, $f = 1 \text{ kHz}$.

thermal characteristics

PARAMETER	MIN	TYP	MAX	UNIT
$R_{\theta JC}$			1.8	°C/W
$R_{\theta JA}$			62.5	°C/W

TYPICAL CHARACTERISTICS

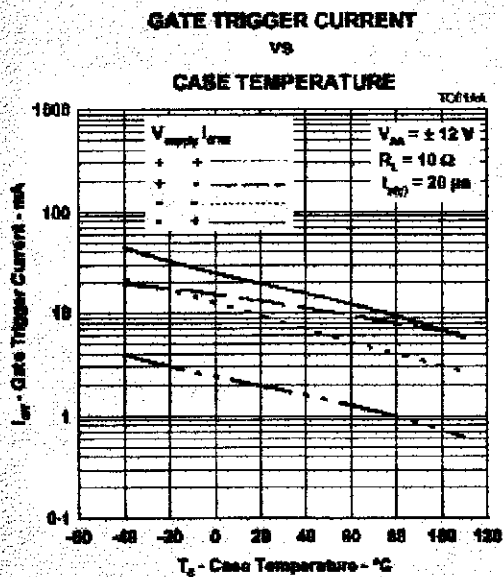


Figure 1.

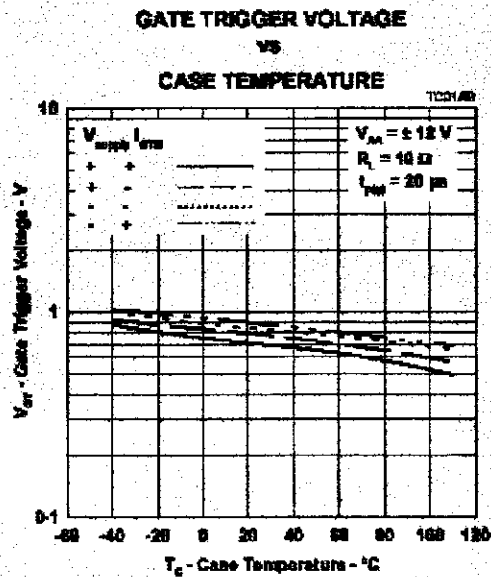
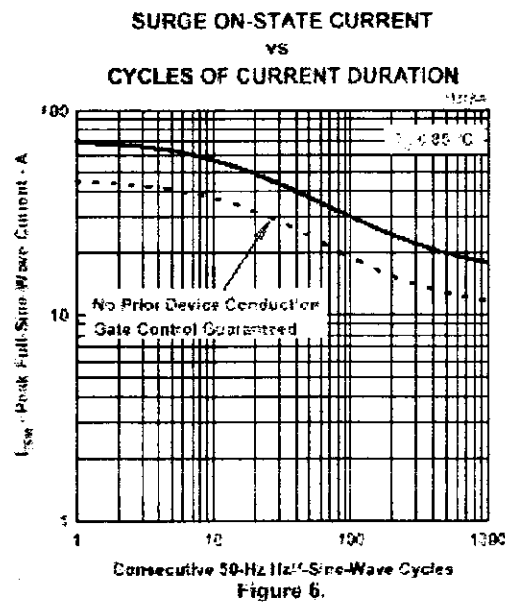
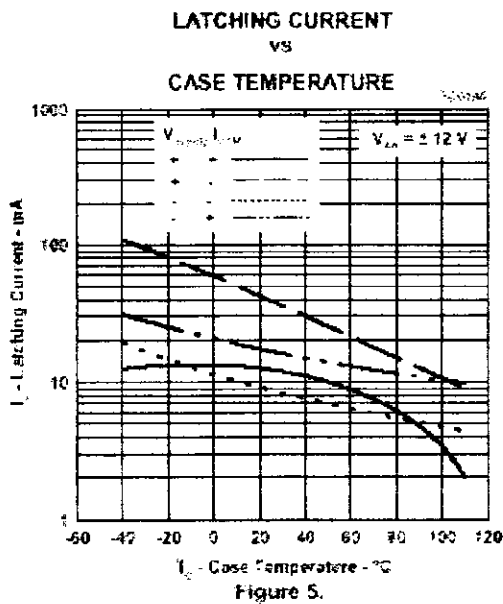
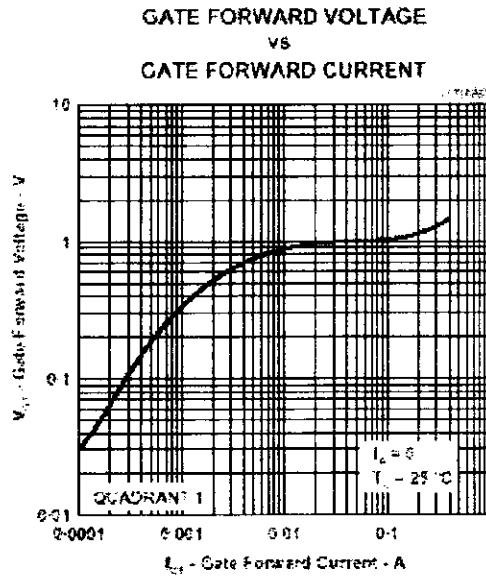
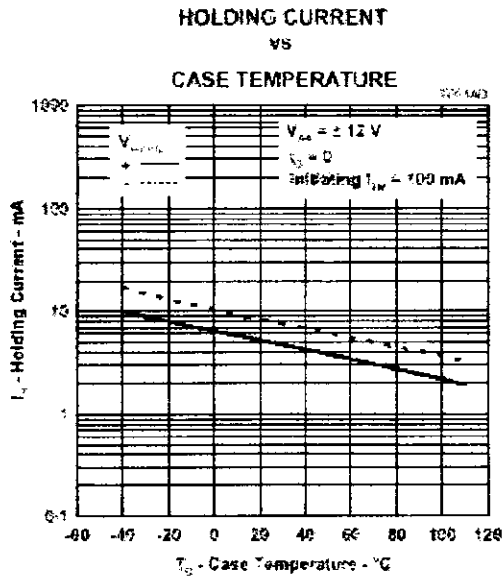


Figure 2.

TYPICAL CHARACTERISTICS



PRODUCT INFORMATION





Special Function Registers

A map of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in the table below.

Note that not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Read accesses to these addresses will in general return

random data, and write accesses will have an indeterminate effect.

User software should not write 1s to these unlisted locations, since they may be used in future products to invoke new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

Table 1. AT89C2051 SFR Map and Reset Values

0FH								0FFH
0FH	B 0000000							0F7H
0EH								0E7H
0EH	ACC 0000000							0E7H
0DH								0DFH
0DH	PER 0000000							0D7H
0CH								0CFH
0CH								0C7H
0BH	IP X0000000							0BFH
0BH	P0 11111111							0B7H
0AH	IE 00000000							0AFH
0AH								0A7H
8H	SCON 00000000	SBUF X000000X						8FH
8H	P1 11111111							87H
8H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000		8FH
8H		SP 00001111	DPL 00000000	DPH 00000000			PCON 00000000	8FH

AT89C2051

Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature.....	-40°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +180°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground.....	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage.....	6.0V
DC Output Current.....	25.0 mA

NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

DC Characteristics

$T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 2.0\text{V}$ to 6.0V (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_L	Input Low-voltage		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
V_{IH}	Input High-voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.8$	V
V_{IH}	Input High-voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.8$	V
V_{OL}	Output Low-voltage ⁽¹⁾ (Ports 1, 3)	$I_{OL} = 20 \text{ mA}$, $V_{CC} = 5\text{V}$ $I_{OL} = 10 \text{ mA}$, $V_{CC} = 2.7\text{V}$		0.5	V
V_{OH}	Output High-voltage (Ports 1, 3)	$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -30 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -12 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
I_L	Logical 0 Input Current (Ports 1, 3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	μA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1, 3)	$V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-750	μA
I_{IL}	Input Leakage Current (Port P1.0, P1.1)	$0 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
V_{OS}	Comparator Input Offset Voltage	$V_{DD} = 5\text{V}$		30	mV
V_{CM}	Comparator Input Common Mode Voltage		0	V_{CC}	V
RRST	Reset Pull-down Resistor		50	200	$\text{k}\Omega$
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	μF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz, $V_{CC} = 6\text{V}/3\text{V}$		1.8/5.8	mA
		Idle Mode, 12 MHz, $V_{CC} = 6\text{V}/3\text{V}$ P1.0 & P1.1 = 0V or V_{CC}		5/1	mA
	Power-down Mode ⁽²⁾	$V_{CC} = 6\text{V}$ P1.0 & P1.1 = 0V or V_{CC} $V_{CC} = 3\text{V}$ P1.0 & P1.1 = 0V or V_{CC}		100	μA
				20	μA

- Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
 Maximum I_{OL} per port pin: 20 mA
 Maximum total I_{OL} for all output pins: 80 mA
 If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
 2. Minimum V_{CC} for Power-down is 2V.

