

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

DIOLINEI SAUERESSIG ALVES

**DISPLAY DE ÁGUA**

PORTO ALEGRE

2008

DIOLINEI SAUERESSIG ALVES

## **DISPLAY DE ÁGUA**

Trabalho de conclusão do curso – TCC, apresentado para a obtenção de grau tem como objetivo demonstrar, através do desenvolvimento de um estudo, o conteúdo do que foi assimilado durante o período de graduação.

ORIENTADOR: ME. JÚLIO CÉSAR MARQUES DE LIMA

PORTO ALEGRE

2008

DIOLINEI SAUERSSIG ALVES

## DISPLAY DE ÁGUA

Trabalho de conclusão do curso – TCC, apresentado para a obtenção de grau tem como objetivo demonstrar, através do desenvolvimento de um estudo, o conteúdo do que foi assimilado durante o período de graduação.

Aprovado em \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Júlio César Marques de Lima

---

Prof. Vicente Mariano Canalli

---

Prof. João Miguel Lac Roehe

---

PORTO ALEGRE

2008

Dedico esse trabalho a minha mãe e a meu pai para os quais dedico também todo o meu carinho, gratidão e amor. Foram sempre eles que me deram força, ajuda, atenção, amor e carinho nos momentos em que mais precisei. São a minha vida, amo vocês.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço ao professor Júlio César Marques de Lima pela orientação durante a elaboração, atenção dada quando precisei, amizade, disposição, sugestão para a realização deste trabalho e pela dedicação.

Agradeço ao professor Fernando Soares do Reis pelas dicas sinceras e por ter me influenciado durante minha iniciação científica, pois isso me ajudou muito durante o desenvolvimento do protótipo.

Agradeço aos professores Fernando Soares dos Reis e Vicente Mariano Canalli pela gentileza em disponibilizar os laboratórios para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço ao Irmão Tarcísio (do CESMAR) que através do Rafael Vasconcelos doou as eletroválvulas e também a Texas Instruments, que através do professor Júlio César Marques de Lima doou os circuitos integrados. Tanto os chips e as eletroválvula foram fundamentais para o desenvolvimento desse trabalho.

Agradeço aos meus colegas, amigos e funcionários que me ajudaram durante o carregamento, montagem, testes; a aqueles que me deram preciosas dicas e que no fim se tornaram idéias, enfim a todos aqueles que contribuíram de uma forma ou de outra no desenvolvimento do desse trabalho.

Agradeço aos meus pais, que me deram educação, força, apoio e também a oportunidade de estar cursando e finalmente concluindo esse curso.

Obrigado a todos.

## **RESUMO**

Em muitos locais a água é um símbolo de desenvolvimento e prosperidade. Em diversos parques, edifícios, locais com intenso turismo, a atração principal é a água, como exemplo as fontes ornamentais e os lagos.

Usando como foco principal a atração pela água, foi desenvolvido um display usando como base de funcionamento o modelamento da água através de eletroválvulas, possibilitando assim a criação de figuras, gráficos e letras.

Palavras chave: Display; água; eletroválvulas; microcontrolador; hardware, software.

## **ABSTRACT**

*In many places the water is a symbol of development and prosperity. In several parks, buildings, with intense local tourism, the main attraction is the water, as an example the ornamental water, lakes and so on.*

*Using the main attraction as a focus for water, a display was developed using as a basis for modeling the operation of water through valves, thus enabling the creation of pictures, graphics and letters.*

*Key words: Display; water, electronic gauges, microcontroller, hardware, software.*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista explodida da eletroválvula hidráulica.....	16
Figura 2 - Foto da eletroválvula hidráulica.....	17
Figura 3 - Vista da eletroválvula de corte de combustível.....	18
Figura 4 - Foto da eletroválvula de corte de combustível.....	18
Figura 5 - Protótipo montado para o acionamento dos drivers das eletroválvulas.....	19
Figura 6 - Esquemático do hardware de testes da Eletroválvula V1.....	20
Figura 7 - Máxima tensão em V1.....	21
Figura 8 - Tensão abaixo da mínima de funcionamento.....	21
Figura 9 - A linha grossa mostra a forma de onda na Eletroválvula.....	22
Figura 10 - Esquemático do hardware de testes de V2.....	23
Figura 11 - Protótipo de testes criado para testes de durabilidade de V2.....	25
Figura 12 - Circuito proposto para o primeiro protótipo.....	26
Figura 13 - Layout implementado para o protótipo.....	27
Figura 14 - Protótipo montado.....	27
Figura 15 - Protótipo para a alimentação hidráulica.....	28
Figura 16 - Barra roscada.....	29
Figura 17 - Disposição das eletroválvulas para o protótipo.....	29
Figura 18 - Matriz de pontos formada.....	30
Figura 19 - Placa do display de água.....	32
Figura 20 - Alimentador hidráulico para o display.....	34
Figura 21 - Modelo proposto para a eliminação do ar na tubulação.....	35
Figura 22 - Aparelho para retirar as bolhas da tubulação.....	35



## **LISTA DE FLUXOGRAMAS**

Fluxograma 1 - Fluxograma para a classificação das Eletroválvulas.....	14
Fluxograma 2 - Fluxograma para a criação do software de testes.....	15
Fluxograma 3 - Software de controle do 1º protótipo.....	30
Fluxograma 4 - Fluxograma de roteiro do software do display.....	33

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO.....	12
2.1	Do Display.....	12
2.2	Do Hardware.....	12
2.3	Do Software.....	13
3	PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO.....	13
3.1	Método para a modulação da água.....	13
4	ELETROVÁLVULA.....	14
4.1	Processo de análise das Eletroválvulas.....	14
4.2	Critérios para a análise.....	14
4.3	Fluxograma para a implementação dos testes.....	15
5	TIPOS DE ELETROVÁLVULA ENCONTRADAS PARA TESTES.....	16
5.1	Eletroválvula Hidráulica para uso em eletrodomésticos.....	16
5.2	Eletroválvula de corte de combustível.....	17
6	PROTÓTIPO DO HARDWARE DE ACIONAMENTO.....	19
7	INÍCIO DOS TESTES PARA A ELETROVÁLVULA V1.....	19
7.1	Desenvolvimento do hardware de testes - Eletroválvula V1:.....	19
7.2	O funcionamento do driver.....	20
7.3	Resultados obtidos no teste da Eletroválvula V1.....	20
8	INÍCIO DOS TESTES PARA A ELETROVÁLVULA V2.....	22
8.1	Desenvolvimento do hardware de testes - Eletroválvula V2:.....	22
8.2	O funcionamento do driver.....	23
8.3	Resultados obtidos no teste da Eletroválvula V2.....	23
9	DESENVOLVIMENTO DO HARDWARE PARA ACIONAMENTO DE 2 ELETROVÁLVULAS.....	24
9.1	Resultados obtidos para acionamento de 2 eletroválvulas.....	25
10	INÍCIO DO DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO.....	25
10.1	Desenvolvimento do hardware.....	25
10.2	Montagem da alimentação hidráulica.....	27
10.3	Montagem do suporte para as eletroválvulas.....	28

10.4	Desenvolvimento do software do protótipo.....	29
11	TESTES INICIAIS DO PRIMEIRO PROTÓTIPO.....	31
12	DESENVOLVIMENTO DO DISPLAY DE ÁGUA.....	31
12.1	Desenvolvimento do hardware.....	31
12.2	Desenvolvimento do software.....	32
12.3	Desenvolvimento da alimentação hidráulica.....	33
12.4	Montagem do suporte para o display.....	36
13	CONCLUSÃO DA MONTAGEM DO PROJETO.....	36
14	CONCLUSÃO.....	36
	REFERÊNCIAS.....	38
	APÊNDICE A – ESQUEMÁTICO DO DISPLAY.....	39
	ANEXO A – DATASHEET DO MSP430F1232.....	41
	ANEXO B – DATASHEET DO MOC3020.....	48
	ANEXO C – DATASHEET DO UCC27324F.....	53
	ANEXO D – DATASHEET DO IRF540.....	57
	ANEXO E – DATASHEET DO IRF630.....	59

## **1 INTRODUÇÃO.**

O presente trabalho trata do estudo e desenvolvimento de um display usando como base de funcionamento a água.

Hoje em dia, diversos parques, edifícios, locais públicos contam com algum tipo de atração envolvendo o uso da água.

Tendo em mente algumas idéias e através do uso de processos de controle de vazão e controle de tempo, é possível desenvolver com a água verdadeiras atrações para locais onde por exemplo se tem um grande número de turistas, aumentando assim a atratividade, o comércio e também o prestígio do local, pois a água ainda é um símbolo de prosperidade, desenvolvimento e natureza.

## **2 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO.**

### **2.1 Do Display.**

O princípio de funcionamento do display é simples: A partir do gotejamento da água, a uma certa altura, é possível formar diversos tipos de figuras, caracteres e desenhos, como em um display convencional, através do controle da temporização e do disparo das eletroválvulas. O Controle pode ser feito através do software e o comando através de hardware.

O display é alimentado com água, que deverá ser de uma boa vazão para evitar problemas como falta de abastecimento para as eletroválvulas que formam as colunas, onde as linhas são a seqüência de gotas caindo no espaço.

### **2.2 Do Hardware.**

Para o controle do display, foi usado o microcontrolador MSP430F1232, que é responsável pelo controle das eletroválvulas e pela implementação da matriz gerada com base nos desenhos desejados para a apresentação do display.

O conjunto: alimentador hidráulico, bloco de eletroválvulas e controlador é montado em uma base a aproximadamente 2,3m de altura para que se possa perceber com mais facilidade os desenhos gerados pelo display.

Para a construção do display foram usados apenas peças, componentes e materiais encontrados no mercado.

### 2.3 Do Software.

O software de controle será responsável por interpretar a matriz gerada a partir do desenho que se deseja apresentar no display.

O software implementado conta com diversos temporizadores, que são os responsáveis pelo tamanho e a velocidade dos desenhos mostrados no display.

## 3 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO.

Durante o processo de elaboração do trabalho, devido ao seu propósito, e as dificuldades que poderiam ser encontradas para a construção do protótipo, optou-se por proceder com diversos testes com Eletroválvulas, para que se pudesse encontrar a mais adequada para a construção do display, já que seria necessário que as eletroválvulas tivessem algumas características importantes.

As características básicas, inicialmente desejadas para o desenvolvimento do protótipo seriam um baixo tempo de resposta, para que as linhas do display ficassem o mais próximo possível, aumentando assim sua resolução; uma vazão de água razoável, para que pudesse se perceber nitidamente as gotas no ar.

### 3.1 Método para a modulação da água.

O processo de modulação e desenho da água é formado através das gotas, que caem de forma ordenada ao longo do tempo e formam os gráficos durante a queda livre. Os gráficos são formados através de uma matriz de pontos que é codificada e enviada para as válvulas serialmente. Através do gotejamento os gráficos são formados no espaço entre as válvulas e o chão.

Para o processo de codificação da matriz foi usado um programa que computa os desenhos feitos em um quadriculado. Os pontos feitos nesse quadriculado, são interpretados como zeros ou uns, e após o desenho pronto, o programa gera um vetor que é inserido no software que controla as válvulas.

O software de controle interpreta as informações contidas neste vetor e as transmite para as válvulas através dos drivers de chaveamento, possibilitando

também, variar o tempo de duração das gotas conseguindo assim pontos maiores ou não.

Variando-se o intervalo de tempo entre as gotas, pode-se mudar o comprimento do desenho, como também a resolução, podendo assim aumentar, de forma controlada, a altura em que é posicionada o conjunto de eletroválvulas.

## 4 ELETROVÁLVULA.

### 4.1 Processo de análise das Eletroválvulas.

Para que o processo de análise das Eletroválvulas fosse o mais rápido possível, em virtude do tempo de realização dos testes, que pode ser demorado, foi desenvolvido um fluxograma de trabalho, onde o objetivo final seria qualificar um componente como promissor para o uso ou não, evitando assim desenvolver todo um trabalho em torno de uma Eletroválvula que não será a adequada para a implementação do display, em virtude das características citadas anteriormente.

O Fluxograma 1 mostra resumidamente os procedimentos para a escolha da eletroválvula que foram usada no display.



Fluxograma 1 - Fluxograma para a classificação das *Eletroválvulas*.

### 4.2 Critérios para a análise.

Para que o protótipo pudesse ser montado, os componentes que irão compor o display devem ser testados, afim de garantir sua operação em modo contínuo e suas características.

Os testes para a validação das Eletroválvulas deverá seguir alguns critérios:

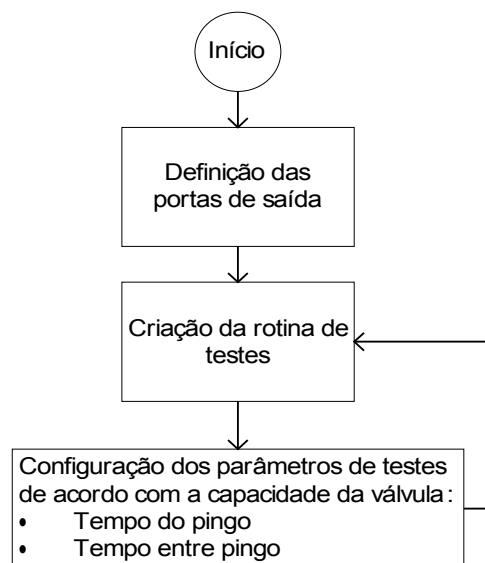
- Verificar as características físicas do componente;
- Verificar a tensão de trabalho;
- Verificar o intervalo de operação da Eletroválvula;
- Verificação do tempo de resposta;
- Verificar o tempo estimado de operação da Eletroválvula, em função da máxima frequência de trabalho;

#### 4.3 Fluxograma para a implementação dos testes.

Para que a Eletroválvula pudesse ser testada e os critérios de validação verificados, o software de testes deve ser desenvolvido de forma a poder encontrar o rendimento máximo das Eletroválvulas, variando o tempo de disparo, tempo de resposta e gotejamento em modo contínuo, verificando assim sua possibilidade de atuação por diversas horas de funcionamento.

O Fluxograma 2 mostra de forma simplificada as rotinas de testes adotada para as Eletroválvulas.

#### Fluxograma do software de testes .



Fluxograma 2 - Fluxograma para a criação do software de testes.

## 5 TIPOS DE ELETROVÁLVULA ENCONTRADAS PARA TESTES.

### 5.1 Eletroválvula Hidráulica para uso em eletrodomésticos.

Em virtude da baixa variedade de componentes comerciais de pequeno porte como é o caso do componente desejado para essa aplicação em especial e principalmente pelas poucas informações consistentes sobre os tipos de Eletroválvulas e suas características técnicas, inicialmente o modelo mais indicado para o começo dos testes foi a Eletroválvula usada em eletrodomésticos como máquinas de lavar. Devido a facilidade de se encontrar esse componente no mercado, seria mais interessante e viável se os testes comesçassem a partir delas, já que se trata de um componente de baixo valor comercial.

A Figura 1 apresenta as características da eletroválvula hidráulica V1.

### ELETROVÁLVULA HIDRÁULICA.

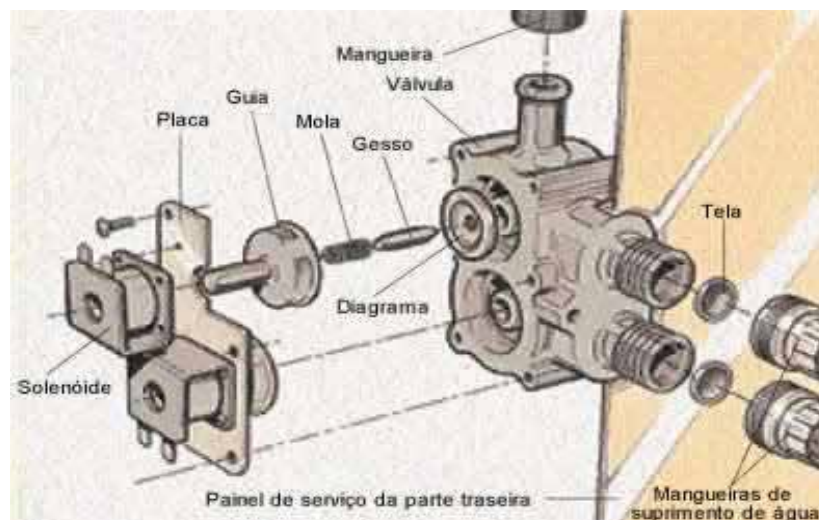


Figura 1 - Vista explodida da eletroválvula hidráulica





Figura 2 - Foto da eletroválvula hidráulica

Especificações técnicas:

Modelo: Eletroválvula hidráulica - V1

Tensão de trabalho: 127Vac

Pressão de trabalho: 0,5 MPa

## 5.2 Eletroválvula de corte de combustível.

Um modelo muito utilizado em automóveis equipados com GNV, a eletroválvula de corte de combustível funciona cortando o combustível (gasolina/álcool) no momento em que o motor passa a funcionar com o GNV.

Esse modelo foi adquirido graças a uma doação feita pelo CESMAR e pode ser vista na Figura 3.

## ELETROVÁLVULA DE CORTE DE COMBUSTÍVEL.

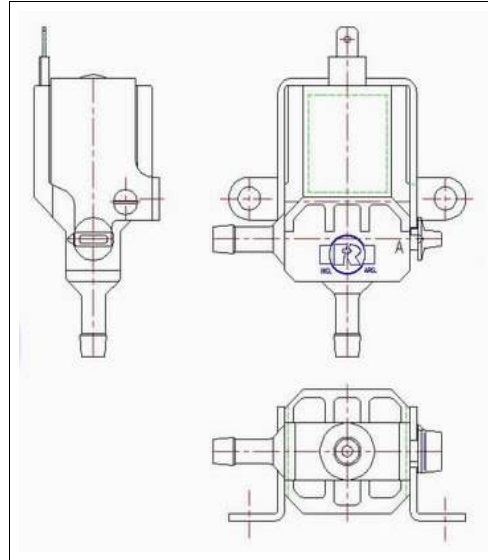


Figura 3 - Vista da eletroválvula de corte de combustível.



Figura 4 - Foto da eletroválvula de corte de combustível

Especificações técnicas:

Modelo: Eletroválvula de corte de combustível - V2

Tensão de trabalho: 12Vcc

Pressão de trabalho: - 0,1MPa

## 6 PROTÓTIPO DO HARDWARE DE ACIONAMENTO.

Para que pudessem ser feitos os testes iniciais nos protótipos, foi desenvolvido um protótipo de acionamento, montado a partir de uma protoboard, que se trata de um microcontrolador (M.C.).

O que foi montado na protoboard é somente o esquema de ligação do M.C., e também os resistores limitadores de corrente, para evitar a queima das portas ou pior, a queima do próprio chip.

Foi implementado também a alimentação do M.C. na própria protoboard, usando um regulador de tensão, ajustado para 3,6 V ( a tensão de trabalho do M.C.).

A Figura 5 mostra a foto da protoboard com o circuito de acionamento, alimentação.

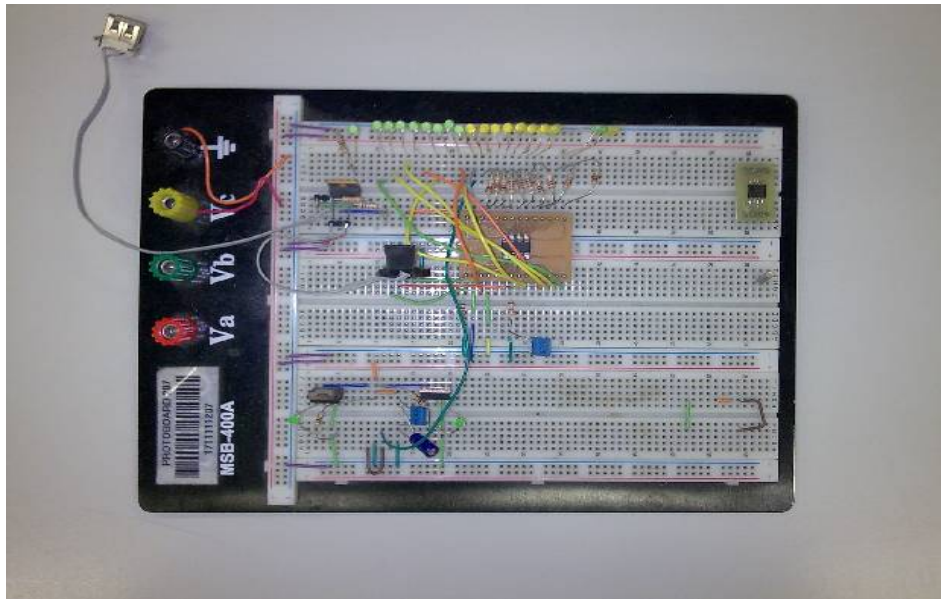


Figura 5 - Protótipo montado para o acionamento dos drivers das eletroválvulas

## 7 INÍCIO DOS TESTES PARA A ELETROVÁLVULA V1.

### 7.1 Desenvolvimento do hardware de testes - Eletroválvula V1:

Para o desenvolvimento do hardware foi proposto um modelo visando a segurança na operação, pois a tensão de trabalho de V1 é alta, e a combinação com a água pode ser fatal em muitos casos.

Para isso, o processo de controle da Eletroválvula conta com um optoacoplador, afim de isolar o controle. O hardware é muito simples, contando apenas com um triac e o driver de acionamento. O acionamento se dará a partir do software que será implementado em um microcontrolador, o MSP430F1232.

Para testes iniciais, se optou por fazer a montagem do hardware em protoboard.

## 7.2 O funcionamento do driver.

Através do divisor de tensão R2 e R3 o sinal passa para o MOC3020 que por sua vez aguardo o disparo, que será realizado pelo controle, R1 nesse caso, funciona somente com um limitador de corrente, garantindo assim a integridade do microcontrolador e de sua porta de comando.

A fonte usada para a alimentação da Eletroválvula é de 127 Vac e vem da rede elétrica comum. O layout completo do circuito de testes pode ser visto a seguir na Figura 6.

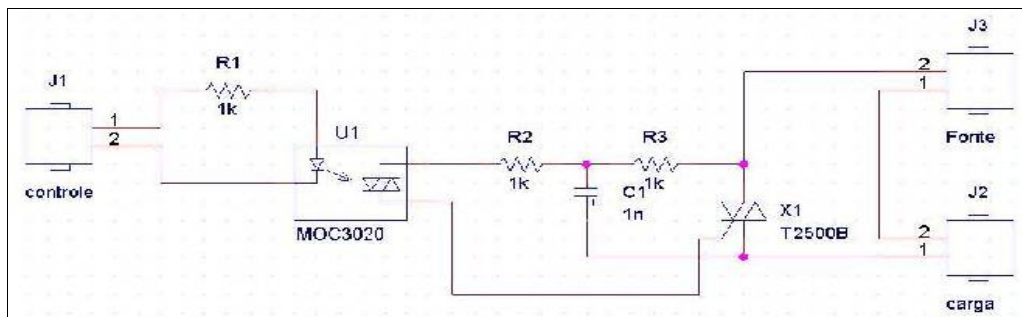


Figura 6 - Esquemático do hardware de testes da *Eletroválvula V1*

## 7.3 Resultados obtidos no teste da Eletroválvula V1.

- Durante os testes realizados para essa Eletroválvula constatou-se que o tempo de resposta (abertura – fechamento) da Eletroválvula poderia tornar o display muito alto, o que resultaria em uma possível deformação na estrutura do desenho formado pelas gotas, em virtude da altura e pela deformação exercida sobre o conjunto de gotas pelo ar;
- O volume das gotas variam com o tempo em função do período de disparo x

ponto onde se encontra a senóide;

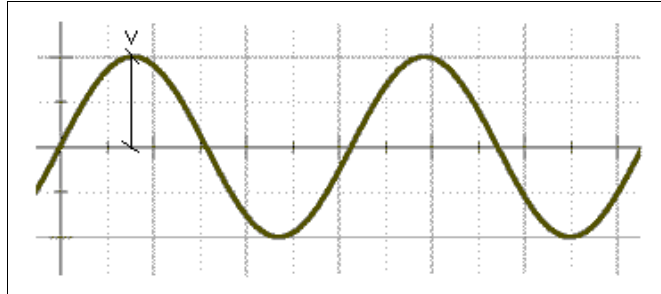


Figura 7 - Máxima tensão em V1

Conforme a Figura 7, em um determinado instante de tempo, o disparo de V1 pode ser exatamente em  $V$ , onde a tensão sobre a Eletroválvula é a maior possível nesse sistema, porém pode ocorrer o contrário e o disparo de V1 ocorrer onde a tensão ficaria abaixo da mínima tensão de trabalho aceitável, Figura 8.

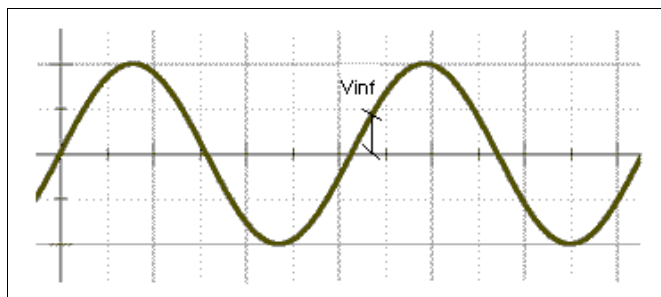


Figura 8 - Tensão abaixo da mínima de funcionamento

Quando o disparo se dava em um ponto onde a tensão estava abaixo da mínima de trabalho, as gotas saíam deformadas em relação as outras produzidas anteriormente. A Figura 9 demonstra de forma simplificada como seria a forma de onda recebida na Eletroválvula

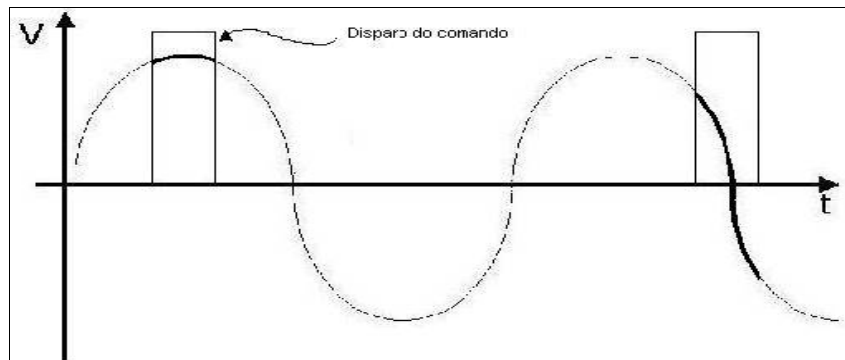


Figura 9 - A linha grossa mostra a forma de onda na *Eletroválvula*

Um estudo para solucionar esse problema foi proposto: simplesmente a atuação das Eletroválvulas se daria não em intervalos de tempo variáveis, mas sim em intervalos que variem em função do ângulo de fase, eliminando assim a possibilidade de atuação onde a tensão de trabalho ficaria abaixo da mínima de trabalho das Eletroválvulas.

Esta solução limita o acionamento das eletroválvulas em 8,33 ms por ciclo, o que dificilmente poderia ser executado, pois o tempo de abertura e fechamento dessa eletroválvula é muito maior.

Além disso, foi levado em conta o tipo de ligação e o tamanho das Eletroválvulas, para que não houvesse perda de tempo em tentar uma solução utilizando um componente que não satisfizesse as condições necessárias para o projeto.

Após a análise das características das Eletroválvulas V1, foi constatado que não seria o modelo qualificado para atuar como componente do display, devido ao baixo tempo de resposta e as características físicas da Eletroválvula, que tornariam o display muito grande e com pouca resolução.

## 8 INÍCIO DOS TESTES PARA A ELETROVÁLVULA V2.

### 8.1 Desenvolvimento do hardware de testes - Eletroválvula V2:

Para o desenvolvimento do hardware de V2, foi usado um circuito driver

tipo mosfet de alta velocidade – UCC27324P. Para testes iniciais, optou-se por fazer a montagem do hardware em protoboard.

O esquemático do hardware pode ser visto na Figura 10.

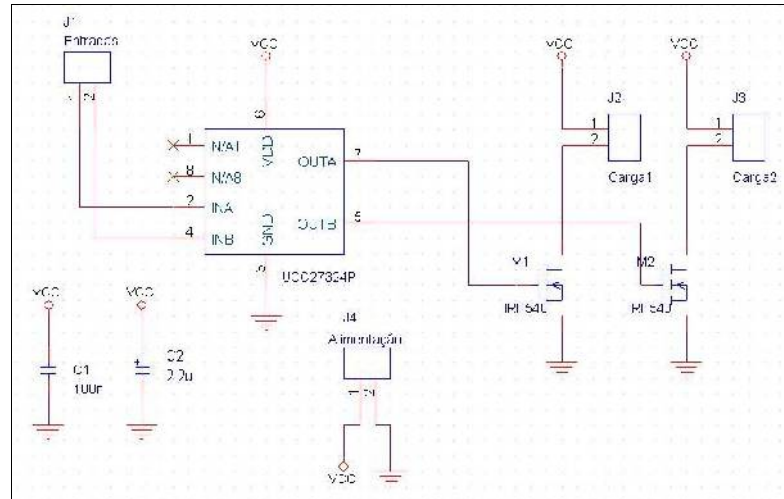


Figura 10 - Esquemático do hardware de testes de V2

## 8.2 O funcionamento do driver.

O funcionamento do circuito é bastante simples: C1 e C2 funcionam como filtros; O UCC 27324P é usado para isolar o microcontrolador para preservá-lo, pois poderia ser facilmente danificado por surtos de corrente. Além disso o C1 é usado para fazer o acionamento dos MOSFET's.

Para o controle de acionamento foi utilizado o mesmo microcontrolador usado para o comando do driver da eletroválvula V1.

## 8.3 Resultados obtidos no teste da Eletroválvula V2.

- Durante os testes foram variados os tempos de resposta e a válvula conseguiu responder adequadamente aos testes, com respostas satisfatórias com intervalos de tempo acima de 20ms para abertura e fechamento da água;
- Sua característica física (dimensão, tipo de ligação com a água, tipo de fixação) é muito adequado para ser montado (posicionamento físico) um ao lado do outro, característica essa muito importante para a construção física do display;

- Devido ao fato da eletroválvula V2 se alimentada através de corrente contínua, não terá a necessidade de circuitos auxiliares para fazer o controle do ângulo em que a rede elétrica se encontra como é o caso de V1. Outro ponto positivo é a baixa tensão de trabalho, 12V.
- Um ponto negativo para V2 é a necessidade de desenvolvimento de alimentação auxiliar, já que como o display irá utilizar um número elevado de peças, a corrente de alimentação se tornará elevada. Uma eletroválvula necessita de aproximadamente 0,6 A. Se formos imaginar um display com 3m de comprimento e sendo usado aproximadamente 10 eletroválvulas para cada 50 cm, então a corrente necessária seria de aproximadamente 36 A para suprir todo o display.

A conclusão a respeito da eletroválvula de corte de combustível é que se trata de um componente muito promissor para ser utilizado no display, tanto suas características técnicas, como físicas a tornam a eletroválvula mais indicada.

## **9 DESENVOLVIMENTO DO HARDWARE PARA ACIONAMENTO DE 2 ELETROVÁLVULAS.**

Visando complementar os testes anteriores, que já direcionavam o display sendo implementado através das eletroválvulas V2, seria necessário uma complementação dos testes, visando um intervalo de trabalho contínuo. Para isso optou-se por montar uma placa protótipo, usando o esquemático de testes como base. A Figura 11 mostra o protótipo de testes para o acionamento de duas eletroválvulas.



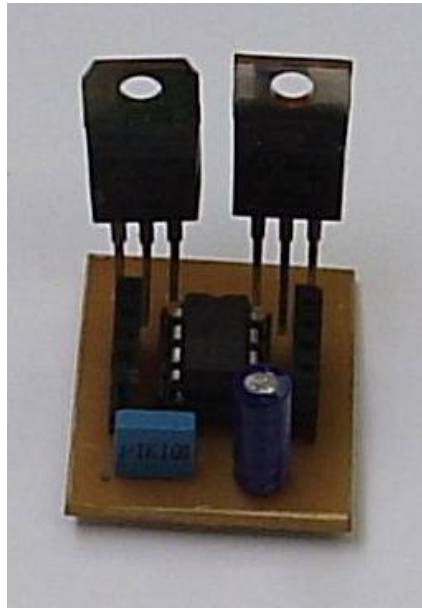


Figura 11 - Protótipo de testes criado para testes de durabilidade de V2

#### 9.1 Resultados obtidos para acionamento de 2 eletroválvulas.

A conclusão para o teste de funcionamento contínuo foi satisfatório, pois em nenhum momento houve falhas nas eletroválvulas, ou aquecimento excessivo.

### 10 INÍCIO DO DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO.

Após concluir que a eletroválvula mais indicada para o uso no display seria a V2, iniciou-se a etapa de construção do protótipo.

A construção desse protótipo é muito importante, pois irá definir se o display poderá ser viável, tanto economicamente quanto tecnologicamente, já que não será desenvolvido nenhum equipamento ou peça dedicada especialmente para esta construção. Todas as peças usadas na sua fabricação serão encontradas no mercado, o que torna a construção muito demorada, sendo necessário diversos ajustes nos equipamentos e peças escolhidas para o display.

#### 10.1 Desenvolvimento do hardware.

Partindo das informações colhidas anteriormente no desenvolvimento do hardware de teste, é possível montar uma placa protótipo usando os mesmos componentes utilizados anteriormente. Os MOC's e mosfets serão implementados

da mesma forma. A placa será montada usando a topologia em cascata, ou seja: serão dispostos 3 drivers anteriormente projetados para o controle de um conjunto de 6 eletroválvula.

O número escolhido de válvulas será apenas o suficiente para uma mínima percepção de caracteres, já que a resolução máxima será de apenas 6 colunas.

Conforme pode-se perceber na Figura 12, o circuito é apenas uma associação em cascata do projetado para os testes das eletroválvulas V2.

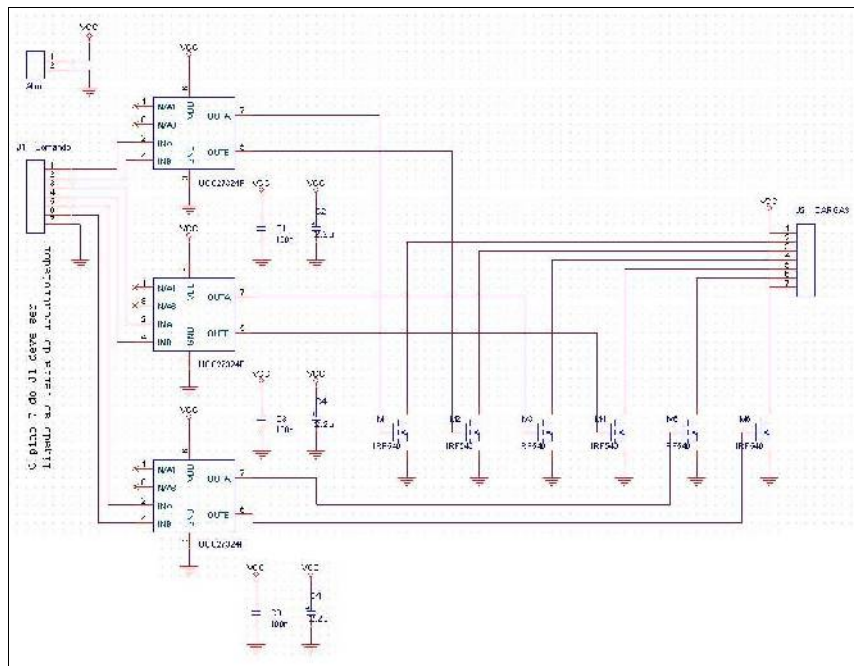


Figura 12 - Circuito proposto para o primeiro protótipo

O layout do protótipo pode ser visto na Figura 13.

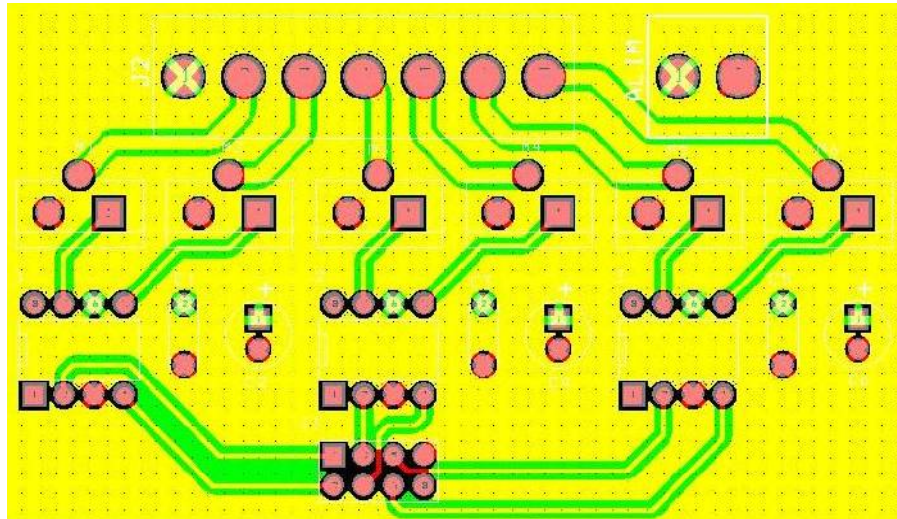


Figura 13 - Layout implementado para o protótipo

Após o desenho do layout, montou se então o protótipo que pode ser visto na Figura 14.

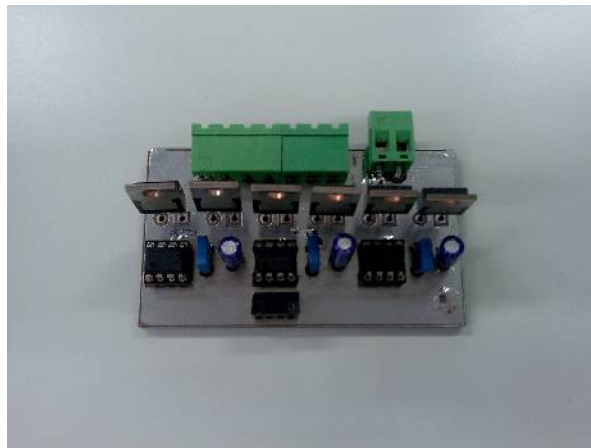


Figura 14 - Protótipo montado.

## 10.2 Montagem da alimentação hidráulica.

Um dos pontos principais para a implementação do display é a parte hidráulica, pois será através do bom suprimento de água que se poderá ver gráficos e figuras complexas apresentados no display.

No mercado existem diversos tipos de peças, conexões e tubos, porém todos seguem um mesmo padrão de formas, não variando muito daquelas que

conhecemos: joelhos, tês, curvas, luvas e etc.

Para a aplicação nesse display, necessariamente deverá ser usado algumas peças que não são comumente encontradas no mercado, cita-se como exemplo a cruzeta roscável, a qual só se encontra através de encomendas em grandes quantidades; o espigão, que é uma peça que possibilita a conexão entre a eletroválvula e o cano de água e que dificilmente é encontrado.

Para o primeiro protótipo foi usado então aquelas peças mais comuns, facilmente encontradas no mercado: Tês, joelhos 90°, nipel roscável, e espigão. Todos foram escolhidos com bitola de 20 mm. A Figura 15 mostra como ficou disposto os espigões que irão alimentar as eletroválvulas.



Figura 15 - Protótipo para a alimentação hidráulica

### 10.3 Montagem do suporte para as eletroválvulas.

O ponto crítico para o desenvolvimento do display é a disposição de como as eletroválvulas irão ficar. A posição mais adequada inicialmente para o primeiro protótipo será alinhar as válvulas em série, de forma a garantir a menor distância entre os bicos, aumentando assim a resolução do display.

O método encontrado para o suporte das válvulas foi usando barras roscadas.

As barras roscadas são peças estruturais largamente usadas na construção, de baixo custo e de fácil manuseio. Além disso podem ser encontradas nos mais diversos tamanhos e bitolas. A figura a seguir mostra o tipo de barra roscada usada no protótipo.



Figura 16 - Barra roscada

O protótipo montado pode ser visto na Figura 17.



Figura 17 - Disposição das eletroválvulas para o protótipo

#### 10.4 Desenvolvimento do software do protótipo.

Usando a mesma linha de desenvolvimento para o software de testes, o software do protótipo se dispõe a tirar o máximo rendimento do display.

Inicialmente, o desenho a ser gerado foi simples, somente para validar o protótipo. Após a validação, o tempo de duração do acionamento da eletroválvula foi reduzido, forçando assim os componentes, visando verificar defeitos com funcionamento por tempo de trabalho prolongado, mesmo tendo isso sido feito anteriormente nos testes iniciais.

Usando uma matriz codificada através de um desenho em forma de

losângolo, o driver de controle deverá ser capaz de interpretar a matriz e controlar as eletroválvulas para que as gotas saiam conforme o desenho.

A codificação das linhas, pela ordem de processamento.

00100	5º linha
01010	4º linha
10001	3º linha
01010	2º linha
00100	1º linha

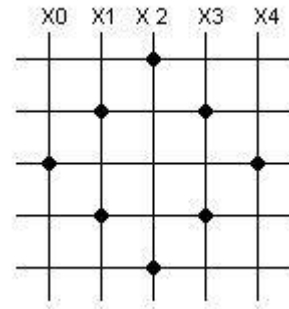
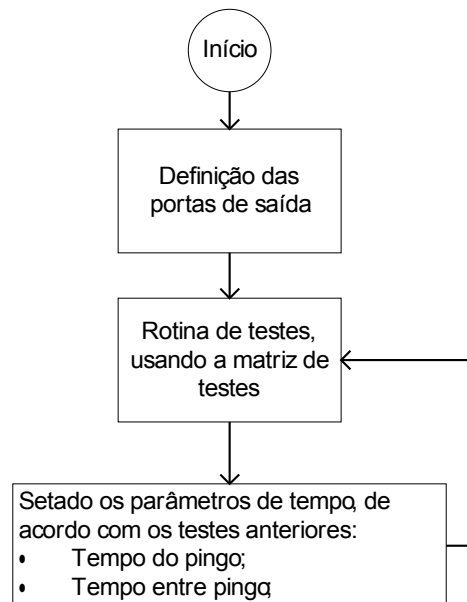


Figura 18 - Matriz de pontos formada

O modelo implementado do software de controle pode ser visto no Fluxograma 3.

### Fluxograma do software do 1º protótipo



Fluxograma 3 - Software de controle do 1º protótipo

## **11 TESTES INICIAIS DO PRIMEIRO PROTÓTIPO.**

Após a montagem da parte hidráulica, da sustentação das eletroválvulas e de criar o programa foram iniciados os testes.

O único teste aplicado nesse protótipo foi o de verificar conforme a queda da água, se poderia ser notado nas gotas as figuras que foram programadas para se formar.

E notou-se que algumas vezes, devido às bolhas que vêm junto com a água na tubulação, que o display falhava, ou seja, as bolhas interferiam no funcionamento do display. A solução foi retirar essas bolhas e foi implementada durante o desenvolvimento do display.

Ao final do teste, mesmo com alguns problemas encontrados mas que podem ser corrigidos, os resultados foram satisfatórios, mostrando assim a viabilidade do projeto.

## **12 DESENVOLVIMENTO DO DISPLAY DE ÁGUA.**

Após todos os testes realizados, foi possível fazer a montagem do display usando a água como base para a formação de imagens.

### **12.1 Desenvolvimento do hardware.**

Para o desenvolvimento do hardware do display, foi usando novamente os esquemas anteriores, do driver de acionamento, com a diferença de que a placa final contém os drivers de acionamento, o comando e a fonte do M.C. O esquemático final pode ser visto no Apêndice A – Esquemático do Display.

Com o esquemático desenhado, passou-se então para o processo de desenho do layout da placa.

Como o grau de dificuldade para a criação do layout dessa placa é relativamente elevado, tendo em conta o esquemático complexo, decidiu-se fazer alterações no próprio esquema de ligação dos componentes do esquemático, em função de uma disposição melhor dos componentes na placa.

O resultado pode ser visto na Figura 19. Pode-se notar que os componentes ficaram bem dispostos, o que ajudou na montagem e conexão dos mesmos.

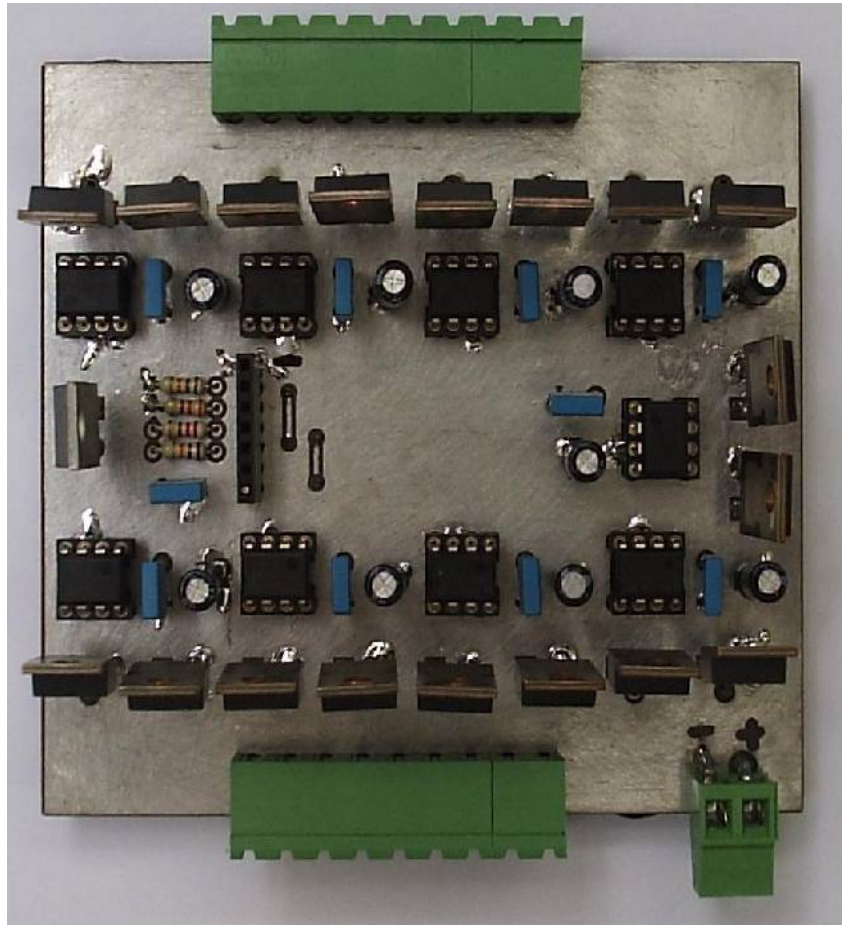


Figura 19 - Placa do display de água

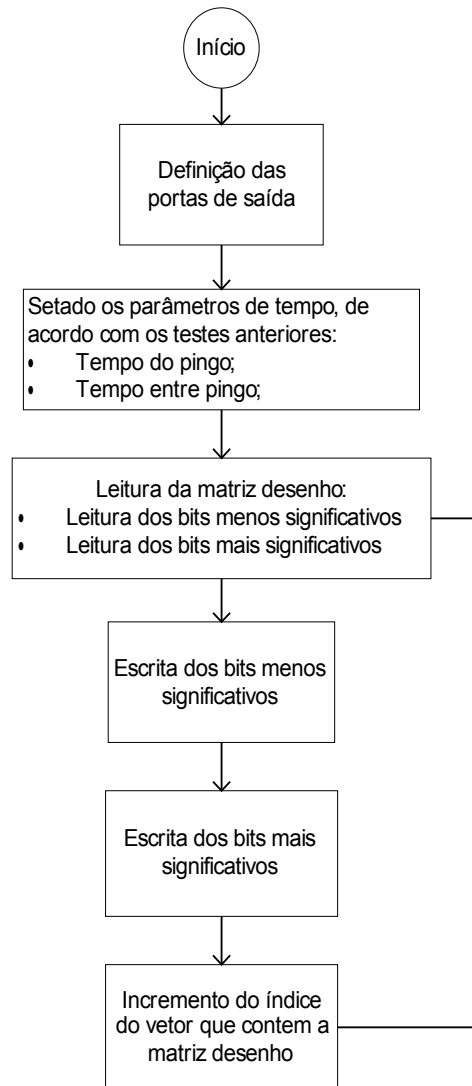
## 12.2 Desenvolvimento do software.

Para ajudar no desenvolvimento do software foi criado um fluxograma pois como o display irá usar mais de 8 eletroválvulas (18 ao todo mas inicialmente só serão usadas 16) será necessário criar um esquema em que seja feita uma leitura de 8 em 8 colunas pois cada porta do microcontrolador é de 8 bits.

O Fluxograma 4 mostra resumidamente os processos para a leitura da matriz de desenho e escrita nas eletroválvulas.



## Fluxograma do software do Display



Fluxograma 4 - Fluxograma de roteiro do software do display

### 12.3 Desenvolvimento da alimentação hidráulica.

Como para a alimentação hidráulica do display não seria possível usar o mesmo esquema de ligação usado para o protótipo de 6 eletroválvulas, foi criado então um novo protótipo, usando três roscáveis, cruzetas roscáveis e soldáveis, além de redutores, joelhos e os espigões.

Para a montagem do alimentador teve-se o cuidado de verificar se a disposição dos alimentadores individuais das eletroválvulas ficaria muito distante uns dos outros, o que tornaria a alimentação problemática, devido ao comprimento das mangueiras alimentadoras.

Para evitar isso optou-se por uma topologia de 3 em 3 alimentadores, conforme pode-se ver na Figura 20.

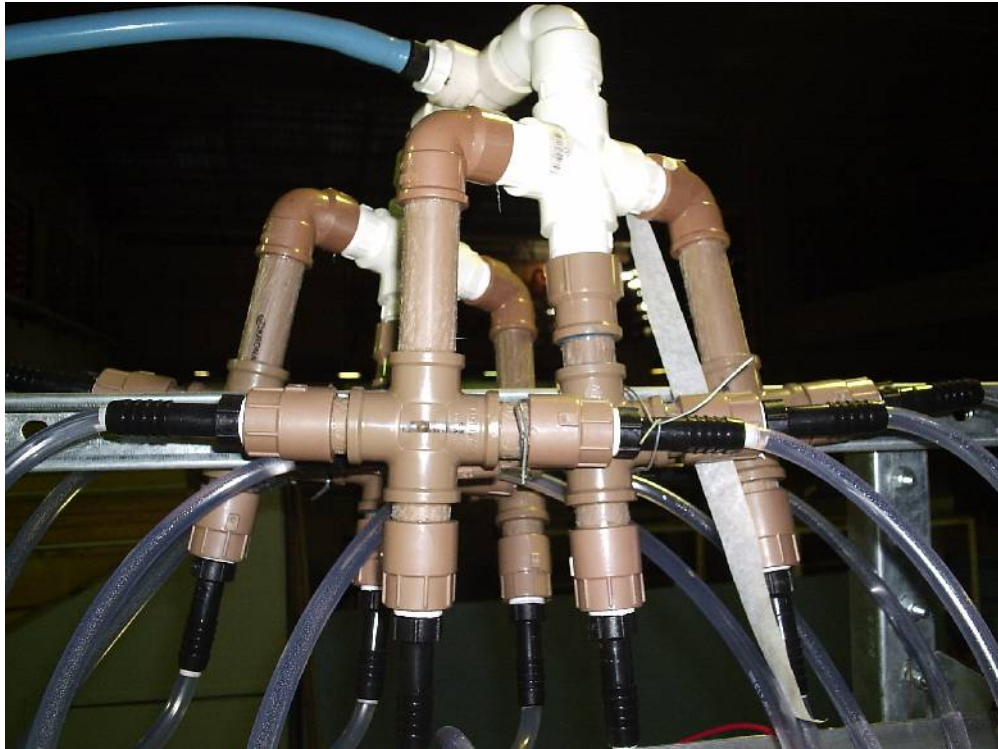


Figura 20 - Alimentador hidráulico para o display

Durante os testes do protótipo das 6 eletroválvulas notou-se a necessidade de retirar as bolhas de ar que vinham pela tubulação da rede hidráulica. Para solucionar esse problema, simplesmente utilizou-se a idéia de um acumulador onde a água entra em uma parte mais elevada e sai para o display em uma parte mais baixa, aproveitando-se assim o efeito da gravidade. A Figura 21 apresenta o modelo proposto para solucionar o problema.

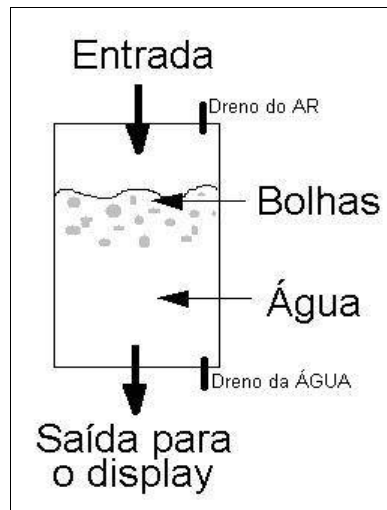


Figura 21 - Modelo proposto para a eliminação do ar na tubulação

Na saída para o display tem-se então a água livre de bolhas. O aparelho montado pode ser visto na Figura 22.



Figura 22 - Aparelho para retirar as bolhas da tubulação

#### 12.4 Montagem do suporte para o display.

Para que as figuras, palavras e caracteres possam ser desenhadas pelo display o possam ser visualizadas perfeitamente, deve-se ter uma altura relativamente grande entre a saída das eletroválvulas e o chão. Para isso montou-se uma estrutura com aproximadamente 2,5 m de altura.

Na base desta estrutura, foram feitos pés de sustentação e tirantes fixados nas extremidades dos pés até a altura onde estão as eletroválvulas, para que essa estrutura fique firme e não venha a se movimentar.

### **13 CONCLUSÃO DA MONTAGEM DO PROJETO.**

Após terminada as montagens finais, ajustes e algumas adaptações, finalizou-se a construção do projeto adicionando o recipiente entre a base da estrutura, que inicialmente coletará a água que o display irá consumir e também a iluminação do trajeto das gotas, para ficar mais visíveis as figuras desenhadas.

### **14 CONCLUSÃO.**

O protótipo do display se mostrou muito promissor durante seu desenvolvimento.

Através dos problemas encontrados durante sua criação, é possível a partir de agora a implementação de um protótipo totalmente funcional, já pensando em uma possível comercialização no futuro, já que durante a construção do display, inicialmente a idéia inicial foi a construção somente de um segmento, para que se pudesse verificar a viabilidade do projeto. Assim a construção desse protótipo não foi feita pensando em juntar uma série de módulos, como é feito em displays comerciais.

A mesma linha se manteve para a criação da alimentação hidráulica que se mostrou instável para a alimentação das eletroválvulas, necessitando um aumento da pressão. Após a observação do funcionamento do alimentador, concluiu-se que algumas das eletroválvulas estavam recebendo pouco suprimento de água, o que estava dificultando o funcionamento do display.

Algumas das ligações entre as válvulas e os alimentadores tem mais

dificuldade em fornecer a água de maneira contínua, o que reforça a necessidade do aumento na pressão para que todas as eletroválvulas recebam água. Porém uma pressão muito alta pode danificar e inutilizar as eletroválvulas.

Para solucionar esse problema, será implementado um novo método de alimentação, que irá distribuir através de um tubo a alimentação para todas as válvulas, o que irá acabar com os pontos de baixa pressão de água e também regular a pressão, evitando assim danificar alguma válvula.

Para o protótipo não foi projetado um sistema de controle de pressão, mas que para as versões futuras deverá ser previsto. O sistema poderá ser composto de uma válvula de desvie o fluxo de água desnecessário para o reservatório e um comparador, para verificar a pressão em tempo real.

Quanto aos desenhos feitos pelo display, notou-se uma ligeira diferença no tempo de saída dos pingos das eletroválvulas, ocasionado pelo tempo de leitura e escrita da matriz desenho.

Uma possível solução será acumular todas as escritas em um registrador e de uma vez só fazer a escrita nas eletroválvulas. Essa solução também pode ser usada para o uso de diversos módulos do display, através do comando dos registradores.

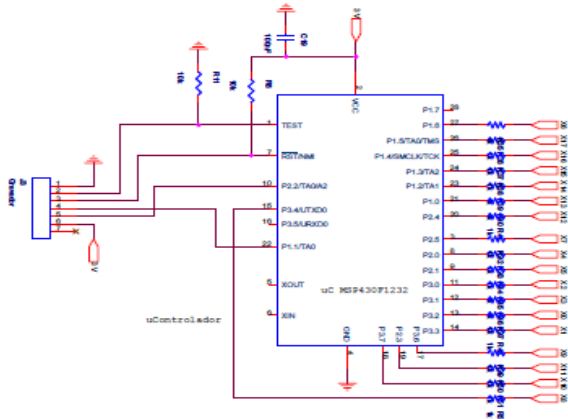
Apesar de todos os pontos levantados o display mostrou-se plenamente funcional e atendeu a todos os objetivos que foram propostos inicialmente.

## REFERÊNCIAS

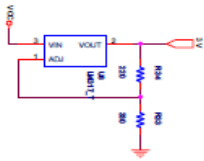
- [1]MOTOROLA, Triacs - Silicon Bidirectional Thyristors,  
<http://www.datasheetpdf.com/datasheets/Motorola/t2500b.pdf.html>
- [2]VÁLVULAS ROSARIO, Eletroválvula de Corte de Combustível,  
<http://www.valvulasrosario.com.ar/>.
- [3]SANSUNG ELETRONICS INC, IRF530, 23 de julho de 2008,  
[http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/I/R/F/5/IRF530.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/I/R/F/5/IRF530.shtml)
- [4]PHILIPS SEMICONDUCTORS, IRF540, 10 de maio de 2008,  
[http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/I/R/F/5/IRF540.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/I/R/F/5/IRF540.shtml)
- [5]PHILIPS SEMICONDUCTORS, IRF540, 23 de julho de 2008,  
[http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/I/R/F/6/IRF630.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/I/R/F/6/IRF630.shtml)
- [6]MOTOROLA, 6-Pin DIP random-phase Optoisolator Triack Driver Output, 25 de janeiro de 2008,  
[http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/M/O/C/3/MOC3010-M.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/M/O/C/3/MOC3010-M.shtml)
- [7]POWER INNOVATIONS, TIC126 series - Silicon Controlled Rectifiers, 13 de março de 2008,  
[http://www.datasheetcatalog.net/pt/datasheets\\_pdf/T/I/C/1/TIC126.shtml](http://www.datasheetcatalog.net/pt/datasheets_pdf/T/I/C/1/TIC126.shtml)
- [8]BOURNS, TIC226 series - Silicon Triacs, 14 de março de 2008,  
[http://www.datasheetcatalog.net/pt/datasheets\\_pdf/T/I/C/2/TIC226%20SERIES.shtml](http://www.datasheetcatalog.net/pt/datasheets_pdf/T/I/C/2/TIC226%20SERIES.shtml)
- [9]TEXAS INSTRUMENTS, Dual 4-A Peak High Speed Low-Side Power MOSFET Drivers, 10 de maio de 2008,  
[http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/U/C/C/2/UCC27324.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/U/C/C/2/UCC27324.shtml)
- [10]TEXAS INSTRUMENTS, MSP430F1232, 23 de abril de 2007,  
<http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/msp430f1232.pdf>
- [11]TIGRE, Catálogo predial de água fria, 25 de maio de 2008,  
[http://www.tigre.com.br/pt/pdf/catalogo\\_predial\\_aguafria.pdf](http://www.tigre.com.br/pt/pdf/catalogo_predial_aguafria.pdf)
- [12]SCHILD, HERBERT, C : completo e total, 3. ed.rev.atual, São Paulo, Makron Books, 2006.
- [13]CIRELIUS, Catálogo de materiais de aquecimento e água sanitária, de junho de 2008, <http://www.cirelius.pt/catalogos/aquecimento.pdf>
- [14]MAGIA DA ÁGUA, Pontos Turísticos, 03 de dezembro de 2008,  
<http://magiadaagua.lvengine.com/engine.php?cat=28>

## **APÊNDICE A – ESQUEMÁTICO DO DISPLAY.**

Driver de comando



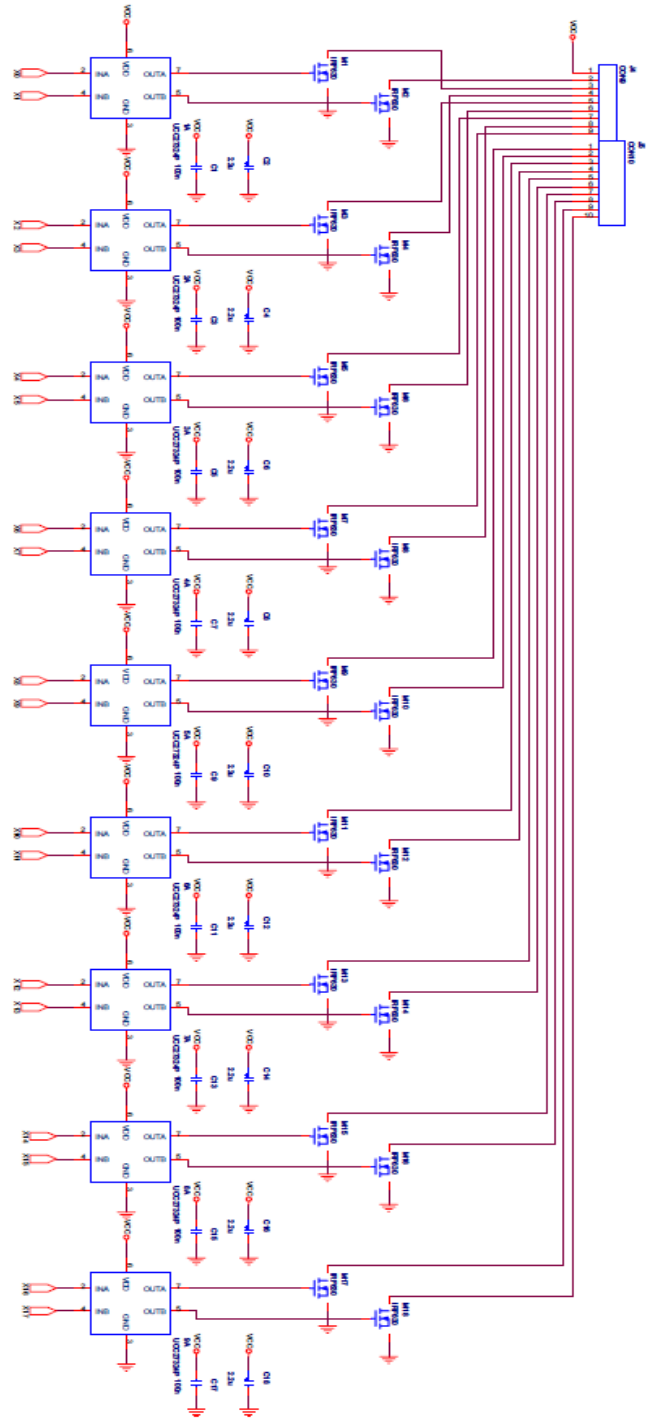
Fonte do uC



Fonte da Placa



Driver de potência





**ANEXO A – DATASHEET DO MSP430F1232.**

## MSP430x11x2, MSP430x12x2 MIXED SIGNAL MICROCONTROLLER

SLAS361C – JANUARY 2002 – REVISED DECEMBER 2003

- Low Supply Voltage Range 1.8 V – 3.6 V
- Ultralow-Power Consumption:
  - Active Mode: 200  $\mu$ A at 1 MHz, 2.2 V
  - Standby Mode: 0.7  $\mu$ A
  - Off Mode (RAM Retention): 0.1  $\mu$ A
- Five Power Saving Modes
- Wake-Up From Standby Mode in less than 6  $\mu$ s
- 16-Bit RISC Architecture, 125 ns Instruction Cycle Time
- Basic Clock Module Configurations:
  - Various Internal Resistors
  - Single External Resistor
  - 32-kHz Crystal
  - High Frequency Crystal
  - Resonator
  - External Clock Source
- 16-Bit Timer\_A With Three Capture/Compare Registers
- 10-Bit, 200-ksps A/D Converter With Internal Reference, Sample-and-Hold, Autoscan, and Data Transfer Controller
- Serial Communication Interface (USART0) With Software-Selectable Asynchronous UART or Synchronous SPI (MSP430x12x2 Only)
- Serial Onboard Programming, No External Programming Voltage Needed Programmable Code Protection by Security Fuse
- Supply Voltage Brownout Protection
- MSP430x11x2 Family Members Include:
  - MSP430F1122: 4KB + 256B Flash Memory 256B RAM
  - MSP430F1132: 8KB + 256B Flash Memory 256B RAM
 Available in 20-Pin Plastic SOWB, 20-Pin Plastic TSSOP and 32-Pin QFN Packages
- MSP430x12x2 Family Members Include:
  - MSP430F1222: 4KB + 256B Flash Memory 256B RAM
  - MSP430F1232: 8KB + 256B Flash Memory 256B RAM
 Available in 28-Pin Plastic SOWB, 28-Pin Plastic TSSOP, and 32-Pin QFN Packages
- For Complete Module Descriptions, See the *MSP430x1xx Family User's Guide*, Literature Number SLAU049

### description

The Texas Instruments MSP430 family of ultralow-power microcontrollers consist of several devices featuring different sets of peripherals targeted for various applications. The architecture, combined with five low power modes is optimized to achieve extended battery life in portable measurement applications. The device features a powerful 16-bit RISC CPU, 16-bit registers, and constant generators that attribute to maximum code efficiency. The digitally controlled oscillator (DCO) allows wake-up from low-power modes to active mode in less than 6 $\mu$ s.

The MSP430x11x2 and MSP430x12x2 series are ultralow-power mixed signal microcontrollers with a built-in 16-bit timer, 10-bit A/D converter with integrated reference and data transfer controller (DTC) and fourteen or twenty-two I/O pins. In addition, the MSP430x12x2 series microcontrollers have built-in communication capability using asynchronous (UART) and synchronous (SPI) protocols.

Digital signal processing with the 16-bit RISC performance enables effective system solutions such as glass breakage detection with signal analysis (including wave digital filter algorithm). Another area of application is in stand-alone RF sensors.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

 **TEXAS  
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75285

Copyright © 2002 – 2003, Texas Instruments Incorporated

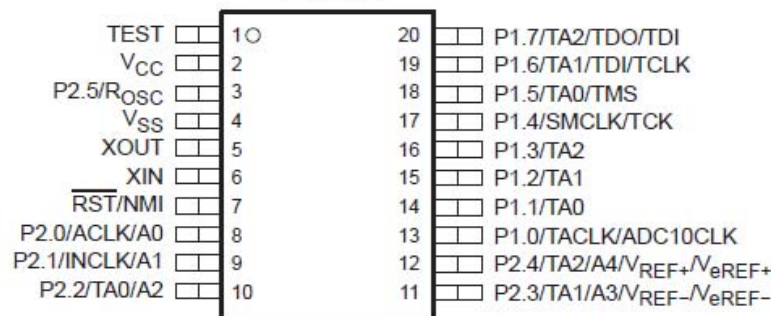
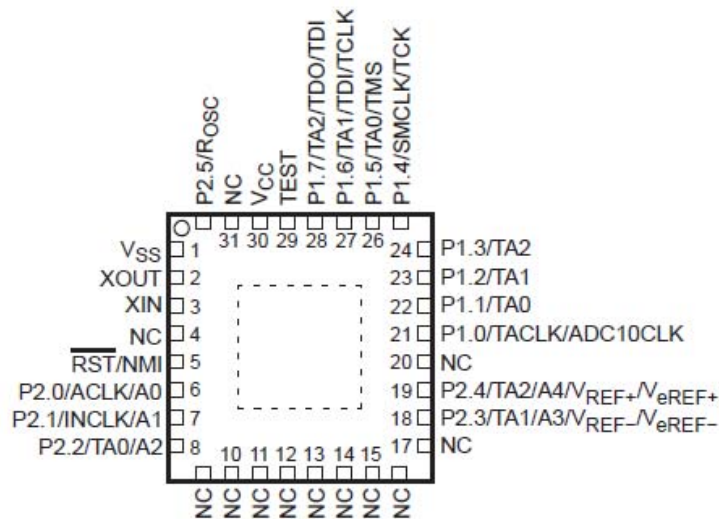
## MSP430x11x2, MSP430x12x2 MIXED SIGNAL MICROCONTROLLER

SLAS361C – JANUARY 2002 – REVISED DECEMBER 2003

## AVAILABLE OPTIONS

T <sub>A</sub>	PACKAGED DEVICES				
	PLASTIC 20-PIN SOWB (DW)	PLASTIC 20-PIN TSSOP (PW)	PLASTIC 28-PIN SOWB (DW)	PLASTIC 28-PIN TSSOP (PW)	PLASTIC 32-PIN QFN (RHB)
-40°C to 85°C	MSP430F1122IDW MSP430F1132IDW	MSP430F1122IPW MSP430F1132IPW	MSP430F1222IDW MSP430F1232IDW	MSP430F1222IPW MSP430F1232IPW	MSP430F1122IRHB MSP430F1132IRHB MSP430F1222IRHB MSP430F1232IRHB

## pin designation, MSP430x11x2 (see Note)

DW or PW PACKAGE  
(TOP VIEW)RHB PACKAGE  
(TOP VIEW)

Note: It is recommended that all NC pins be connected to V<sub>SS</sub> to avoid floating nodes, otherwise increased current consumption may occur. Power pad not internally connected.

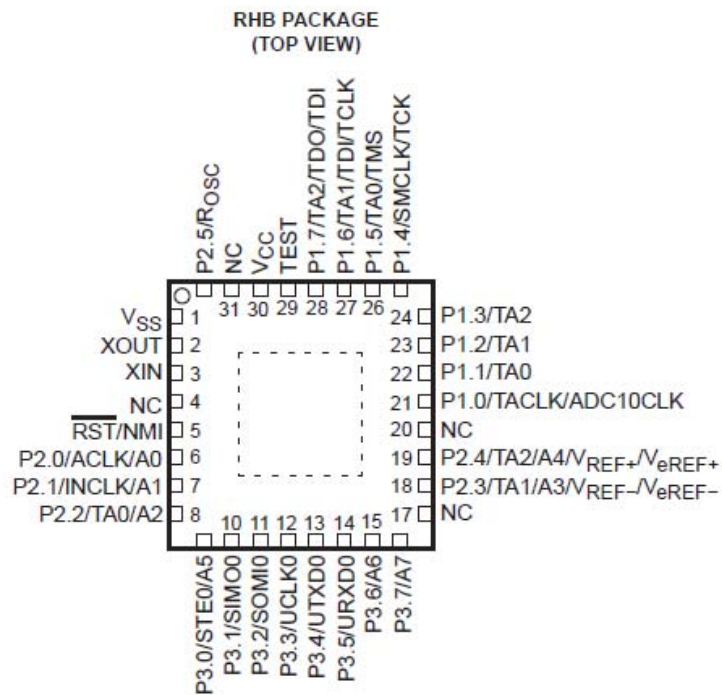
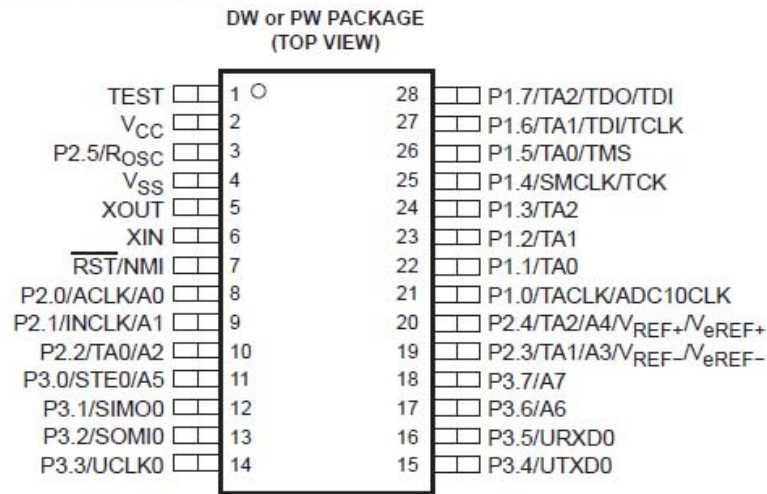


POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

# MSP430x11x2, MSP430x12x2 MIXED SIGNAL MICROCONTROLLER

SLAS361C – JANUARY 2002 – REVISED DECEMBER 2003

pin designation, MSP430x12x2 (see Note)



Note: It is recommended that all NC pins be connected to V<sub>SS</sub> to avoid floating nodes, otherwise increased current consumption may occur. Power pad not internally connected.

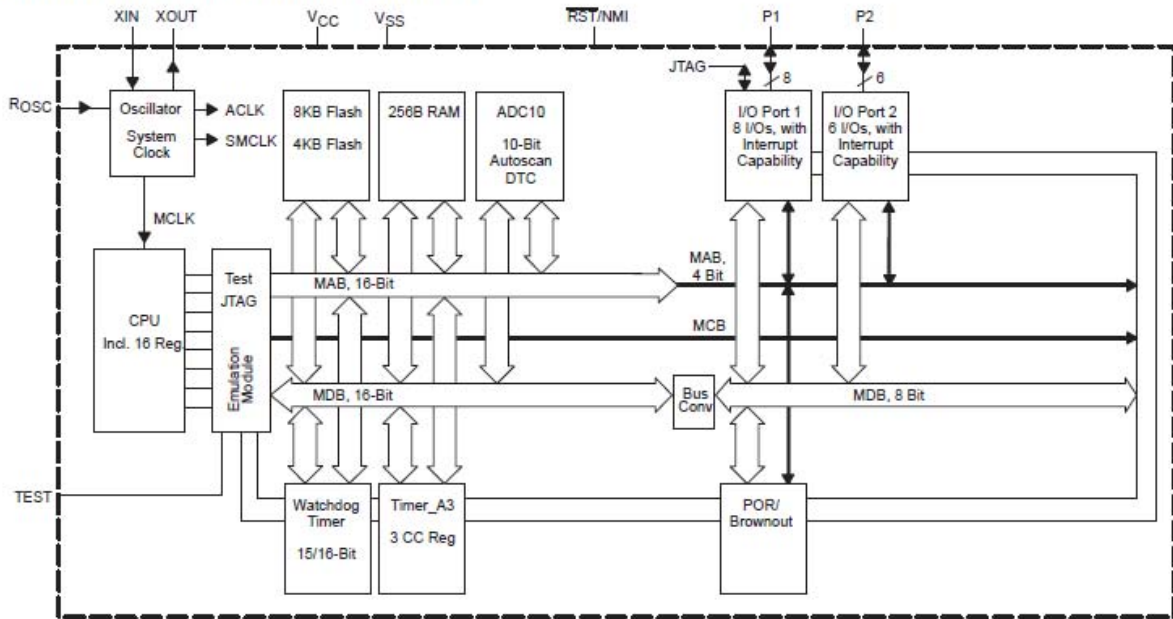


POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75285

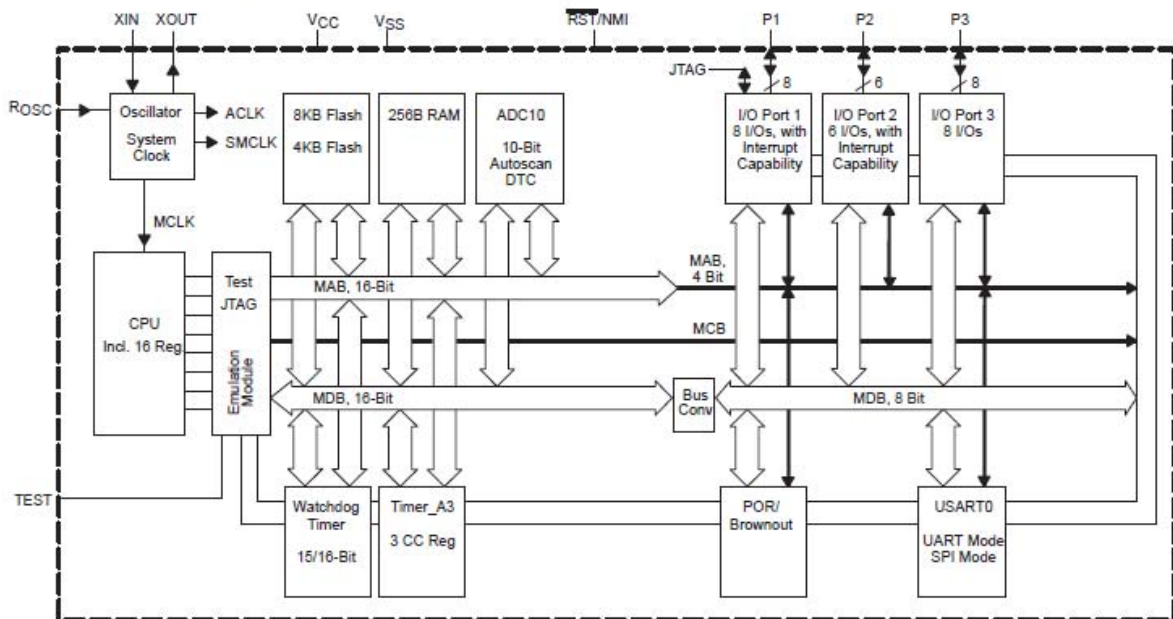
# MSP430x11x2, MSP430x12x2 MIXED SIGNAL MICROCONTROLLER

SLAS361C - JANUARY 2002 - REVISED DECEMBER 2003

functional block diagram, MSP430x11x2



functional block diagram, MSP430x12x2



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

## MSP430x11x2, MSP430x12x2 MIXED SIGNAL MICROCONTROLLER

SLAS361C – JANUARY 2002 – REVISED DECEMBER 2003

### Terminal Functions, MSP430x11x2

TERMINAL			I/O	DESCRIPTION
NAME	DW & PW	RHB		
P1.0/TACLK/ ADC10CLK	13	21	I/O	General-purpose digital I/O pin/Timer_A, clock signal TACLK input/conversion clock—10-bit ADC
P1.1/TA0	14	22	I/O	General-purpose digital I/O pin/Timer_A, capture: CCI0A input, compare: Out0 output/BSL transmit
P1.2/TA1	15	23	I/O	General-purpose digital I/O pin/Timer_A, capture: CCI1A input, compare: Out1 output
P1.3/TA2	16	24	I/O	General-purpose digital I/O pin/Timer_A, capture: CCI2A input, compare: Out2 output
P1.4/SMCLK/TCK	17	25	I/O	General-purpose digital I/O pin/SMCLK signal output/test clock, input terminal for device programming and test
P1.5/TA0/TMS	18	26	I/O	General-purpose digital I/O pin/Timer_A, compare: Out0 output/test mode select, input terminal for device programming and test
P1.6/TA1/TDI/TCLK	19	27	I/O	General-purpose digital I/O pin/Timer_A, compare: Out1 output/test data input terminal or test clock input
P1.7/TA2/TDO/TDI†	20	28	I/O	General-purpose digital I/O pin/Timer_A, compare: Out2 output/test data output terminal or data input during programming
P2.0/ACLK/A0	8	6	I/O	General-purpose digital I/O pin/ACLK output/analog input to 10-bit ADC input A0
P2.1/INCLK/A1	9	7	I/O	General-purpose digital I/O pin/Timer_A, clock signal at INCLK/analog input to 10-bit ADC input A1
P2.2/TA0/A2	10	8	I/O	General-purpose digital I/O pin/Timer_A, capture: CCI0B input, compare: Out0 output/analog input to 10-bit ADC input A2/BSL receive
P2.3/TA1/A3/VREF-/ VREF-	11	18	I/O	General-purpose digital I/O pin/Timer_A, capture: CCI1B input, compare: Out1 output/analog input to 10-bit ADC input A3/negative reference voltage terminal.
P2.4/TA2/A4/VREF+/ VREF+	12	19	I/O	General-purpose digital I/O pin/Timer_A, compare: Out2 output/analog input to 10-bit ADC input A4/I/O of positive reference voltage terminal
P2.5/ROSC	3	32	I/O	General-purpose digital I/O pin/Input for external resistor that defines the DCO nominal frequency
RST/NMI	7	5	I	Reset or nonmaskable interrupt input
TEST	1	29	I	Selects test mode for JTAG pins on P1.x
VCC	2	30		Supply voltage
VSS	4	1		Ground reference
XIN	6	3	I	Input terminal of crystal oscillator
XOUT	5	2	O	Output terminal of crystal oscillator
NC	NA	4,9-16, 17,20,31		No connect. Recommended connection to VSS to avoid floating nodes, otherwise increased current consumption may occur.

† TDO or TDI is selected via JTAG instruction.



## MSP430x11x2, MSP430x12x2 MIXED SIGNAL MICROCONTROLLER

SLAS361C – JANUARY 2002 – REVISED DECEMBER 2003

### Terminal Functions, MSP430x12x2

TERMINAL			I/O	DESCRIPTION
NAME	DW & PW	RHB		
P1.0/TACLK/ ADC10CLK	21	21	I/O	General-purpose digital I/O pin/Timer_A, clock signal TACLK input/conversion clock—10-bit ADC
P1.1/TA0	22	22	I/O	General-purpose digital I/O pin/Timer_A, capture: CCI0A input, compare: Out0 output/BSL transmit
P1.2/TA1	23	23	I/O	General-purpose digital I/O pin/Timer_A, capture: CCI1A input, compare: Out1 output
P1.3/TA2	24	24	I/O	General-purpose digital I/O pin/Timer_A, capture: CCI2A input, compare: Out2 output
P1.4/SMCLK/TCK	25	25	I/O	General-purpose digital I/O pin/SMCLK signal output/test clock, input terminal for device programming and test
P1.5/TA0/TMS	26	26	I/O	General-purpose digital I/O pin/Timer_A, compare: Out0 output/test mode select, input terminal for device programming and test
P1.6/TA1/TDI/TCLK	27	27	I/O	General-purpose digital I/O pin/Timer_A, compare: Out1 output/test data input terminal or test clock input
P1.7/TA2/TDO/TDI†	28	28	I/O	General-purpose digital I/O pin/Timer_A, compare: Out2 output/test data output terminal or data input during programming
P2.0/ACLK/A0	8	6	I/O	General-purpose digital I/O pin/ACLK output/analog input to 10-bit ADC input A0
P2.1/INCLK/A1	9	7	I/O	General-purpose digital I/O pin/Timer_A, clock signal at INCLK/analog input to 10-bit ADC input A1
P2.2/TA0/A2	10	8	I/O	General-purpose digital I/O pin/Timer_A, capture: CCI0B input, compare: Out0 output/analog input to 10-bit ADC input A2/BSL receive
P2.3/TA1/A3/VREF-/ V <sub>REF-</sub>	19	18	I/O	General-purpose digital I/O pin/Timer_A, capture: CCI1B input, compare: Out1 output/analog input to 10-bit ADC input A3/negative reference voltage terminal.
P2.4/TA2/A4/VREF+/ V <sub>REF+</sub>	20	19	I/O	General-purpose digital I/O pin/Timer_A, compare: Out2 output/analog input to 10-bit ADC input A4/I/O of positive reference voltage terminal
P2.5/R <sub>OSC</sub>	3	32	I/O	General-purpose digital I/O pin/Input for external resistor that defines the DCO nominal frequency
P3.0/STE0/A5	11	9	I/O	General-purpose digital I/O pin/slave transmit enable—USART0/SPI mode/analog input to 10-bit ADC input A5
P3.1/SIMO0	12	10	I/O	General-purpose digital I/O pin/slave in/master out of USART0/SPI mode
P3.2/SOMI0	13	11	I/O	General-purpose digital I/O pin/slave out/master in of USART0/SPI mode
P3.3/UCLK0	14	12	I/O	General-purpose digital I/O pin/external clock input—USART0/UART or SPI mode, clock output—USART0/SPI mode clock input
P3.4/UTXD0	15	13	I/O	General-purpose digital I/O pin/transmit data out—USART0/UART mode
P3.5/URXD0	16	14	I/O	General-purpose digital I/O pin/receive data in—USART0/UART mode
P3.6/A6	17	15	I/O	General-purpose digital I/O pin/analog input to 10-bit ADC input A6
P3.7/A7	18	16	I/O	General-purpose digital I/O pin/analog input to 10-bit ADC input A7
RST/NMI	7	5	I	Reset or nonmaskable interrupt input
TEST	1	29	I	Selects test mode for JTAG pins on P1.x
V <sub>CC</sub>	2	30		Supply voltage
V <sub>SS</sub>	4	1		Ground reference
XIN	6	3	I	Input terminal of crystal oscillator
XOUT	5	2	O	Output terminal of crystal oscillator
NC	NA	4,17, 20,31		No connect. Recommended connection to V <sub>SS</sub> to avoid floating nodes, otherwise increased current consumption may occur.

† TDO or TDI is selected via JTAG instruction.



POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

**ANEXO B – DATASHEET DO MOC3020.**



**MOTOROLA**  
**SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA**

 Order this document  
 by MOC3020/D


## 6-Pin DIP Random-Phase Optoisolators Triac Driver Output (400 Volts Peak)

The MOC3020 Series consists of gallium arsenide infrared emitting diodes, optically coupled to a silicon bilateral switch.

- *To order devices that are tested and marked per VDE 0884 requirements, the suffix "V" must be included at end of part number. VDE 0884 is a test option.* They are designed for applications requiring isolated triac triggering.

**Recommended for 115/240 Vac(rms) Applications:**

- Solenoid/Valve Controls
- Lamp Ballasts
- Interfacing Microprocessors to 115 Vac Peripherals
- Motor Controls
- Static ac Power Switch
- Solid State Relays
- Incandescent Lamp Dimmers

**MAXIMUM RATINGS** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
--------	--------	-------	------

**INFRARED EMITTING DIODE**

Reverse Voltage	$V_R$	3	Volts
Forward Current — Continuous	$I_F$	60	mA
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Negligible Power in Triac Driver Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	100	mW
		1.33	mW/ $^\circ\text{C}$

**OUTPUT DRIVER**

Off-State Output Terminal Voltage	$V_{DRM}$	400	Volts
Peak Repetitive Surge Current ( $PW = 1\text{ ms}$ , 120 pps)	$I_{TSM}$	1	A
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	300	mW
		4	mW/ $^\circ\text{C}$

**TOTAL DEVICE**

Isolation Surge Voltage <sup>(1)</sup> (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 Second Duration)	$V_{ISO}$	7500	Vac(pk)
Total Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	$P_D$	330	mW
		4.4	mW/ $^\circ\text{C}$
Junction Temperature Range	$T_J$	-40 to +100	$^\circ\text{C}$
Ambient Operating Temperature Range <sup>(2)</sup>	$T_A$	-40 to +85	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range <sup>(2)</sup>	$T_{stg}$	-40 to +150	$^\circ\text{C}$
Soldering Temperature (10 s)	$T_L$	260	$^\circ\text{C}$

1. Isolation surge voltage,  $V_{ISO}$ , is an internal device dielectric breakdown rating. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.
2. Refer to Quality and Reliability Section in Opto Data Book for information on test conditions.

Preferred devices are Motorola recommended choices for future use and best overall value.  
GlobalOptoisolator is a trademark of Motorola, Inc.

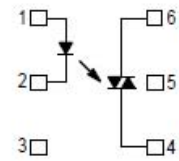
REV 1

© Motorola, Inc. 1995

**MOC3021**  
[IFT = 15 mA Max]  
**MOC3022**  
[IFT = 10 mA Max]  
**MOC3023\***  
[IFT = 5 mA Max]

\*Motorola Preferred Device

**STYLE 6 PLASTIC**

**STANDARD THRU HOLE  
CASE 730A-04**
**SCHEMATIC**


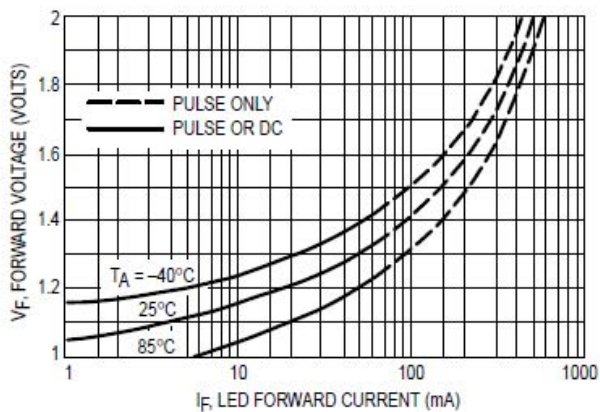
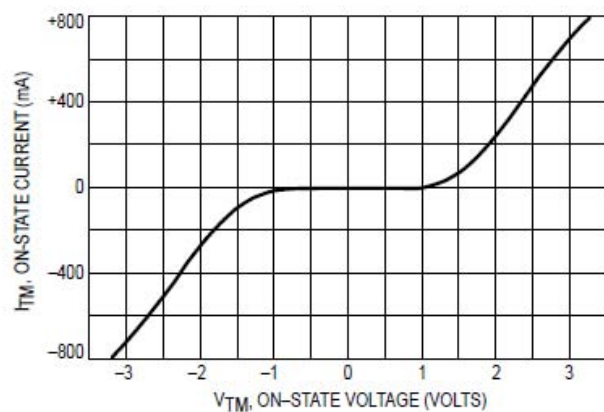
1. ANODE
2. CATHODE
3. NC
4. MAIN TERMINAL
5. SUBSTRATE  
DO NOT CONNECT
6. MAIN TERMINAL

**MOTOROLA**

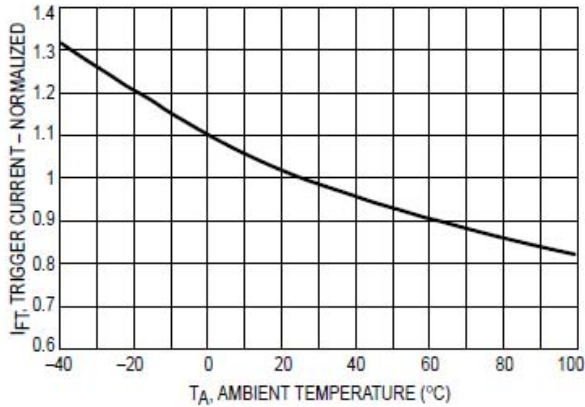
**MOC3021 MOC3022 MOC3023****ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
<b>INPUT LED</b>					
Reverse Leakage Current ( $V_R = 3\text{ V}$ )	$I_R$	—	0.05	100	$\mu\text{A}$
Forward Voltage ( $I_F = 10\text{ mA}$ )	$V_F$	—	1.15	1.5	Volts
<b>OUTPUT DETECTOR (<math>I_F = 0</math> unless otherwise noted)</b>					
Peak Blocking Current, Either Direction (Rated $V_{DRM}^{(1)}$ )	$I_{DRM}$	—	10	100	nA
Peak On-State Voltage, Either Direction ( $I_{TM} = 100\text{ mA Peak}$ )	$V_{TM}$	—	1.8	3	Volts
Critical Rate of Rise of Off-State Voltage (Figure 7, Note 2)	dv/dt	—	10	—	$\text{V}/\mu\text{s}$
<b>COUPLED</b>					
LED Trigger Current, Current Required to Latch Output (Main Terminal Voltage = $3\text{ V}^{(3)}$ )	$I_{FT}$	—	8	15	mA
MOC3021	—	—	—	10	
MOC3022	—	—	—	5	
Holding Current, Either Direction	$I_H$	—	100	—	$\mu\text{A}$

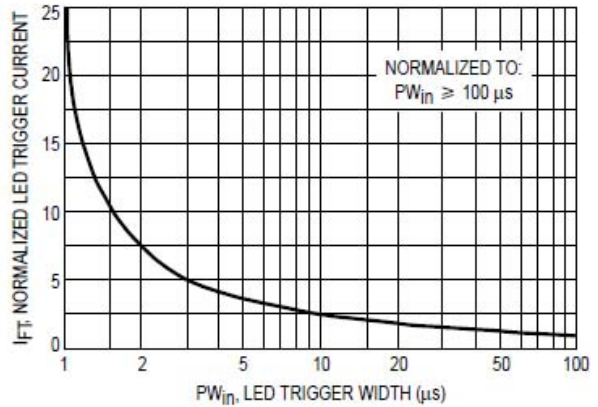
- Test voltage must be applied within dv/dt rating.
- This is static dv/dt. See Figure 7 for test circuit. Commutating dv/dt is a function of the load-driving thyristor(s) only.
- All devices are guaranteed to trigger at an  $I_F$  value less than or equal to max  $I_{FT}$ . Therefore, recommended operating  $I_F$  lies between max  $I_{FT}$  (15 mA for MOC3021, 10 mA for MOC3022, 5 mA for MOC3023) and absolute max  $I_F$  (60 mA).

**TYPICAL ELECTRICAL CHARACTERISTICS** $T_A = 25^\circ\text{C}$ **Figure 1. LED Forward Voltage versus Forward Current****Figure 2. On-State Characteristics**

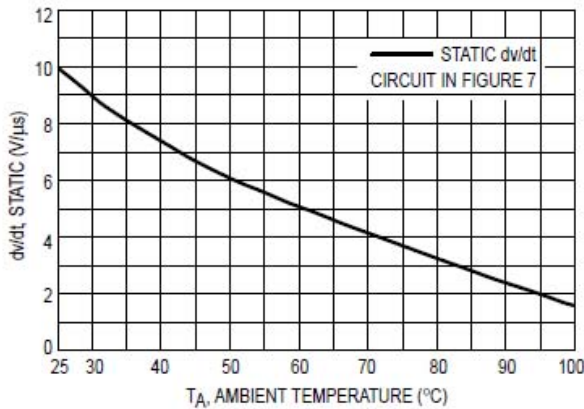
**MOC3021 MOC3022 MOC3023**



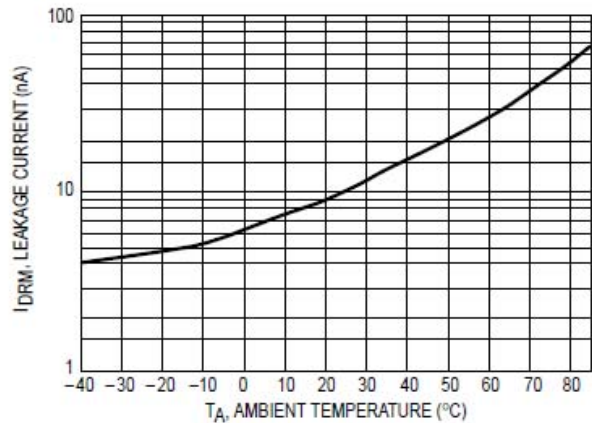
**Figure 3. Trigger Current versus Temperature**



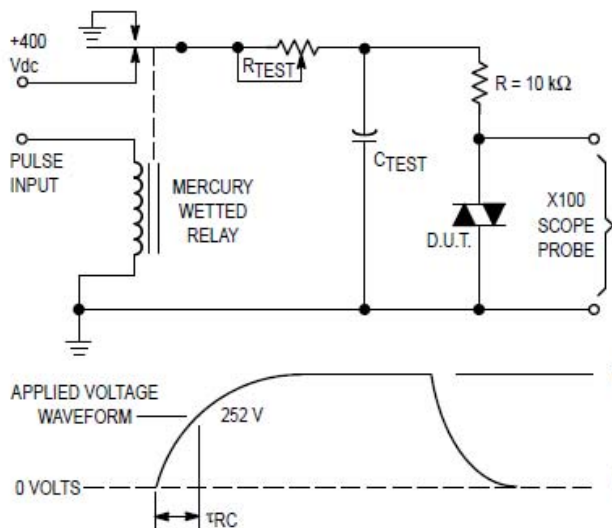
**Figure 4. LED Current Required to Trigger versus LED Pulse Width**



**Figure 5. dv/dt versus Temperature**



**Figure 6. Leakage Current, IDRM versus Temperature**

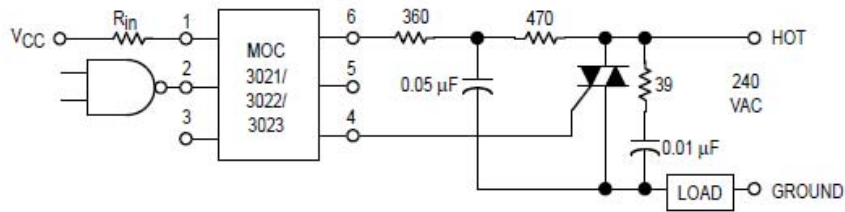


1. The mercury wetted relay provides a high speed repeated pulse to the D.U.T.
2. 100x scope probes are used, to allow high speeds and voltages.
3. The worst-case condition for static dv/dt is established by triggering the D.U.T. with a normal LED input current, then removing the current. The variable R<sub>TEST</sub> allows the dv/dt to be gradually increased until the D.U.T. continues to trigger in response to the applied voltage pulse, even after the LED current has been removed. The dv/dt is then decreased until the D.U.T. stops triggering. τ<sub>RC</sub> is measured at this point and recorded.

$$V_{max} = 400 \text{ V}$$

$$dv/dt = \frac{0.63 V_{max}}{\tau_{RC}} = \frac{252}{\tau_{RC}}$$

**Figure 7. Static dv/dt Test Circuit**

**MOC3021 MOC3022 MOC3023**

\* This optoisolator should not be used to drive a load directly. It is intended to be a trigger device only.

Additional information on the use of optically coupled triac drivers is available in Application Note AN-780A.

In this circuit the "hot" side of the line is switched and the load connected to the cold or ground side.

The 39 ohm resistor and 0.01  $\mu\text{F}$  capacitor are for snubbing of the triac, and the 470 ohm resistor and 0.05  $\mu\text{F}$  capacitor are for snubbing the coupler. These components may or may not be necessary depending upon the particular triac and load used.

**Figure 8. Typical Application Circuit**

**ANEXO C – DATASHEET DO UCC27324F.**



## DUAL 4-A PEAK HIGH SPEED LOW-SIDE POWER MOSFET DRIVERS

### FEATURES

- Industry-Standard Pin-Out
- High Current Drive Capability of  $\pm 4$  A at the Miller Plateau Region
- Efficient Constant Current Sourcing Using a Unique BiPolar & CMOS Output Stage
- TTL/CMOS Compatible Inputs Independent of Supply Voltage
- 20-ns Typical Rise and 15-ns Typical Fall Times with 1.8-nF Load
- Typical Propagation Delay Times of 25 ns with Input Falling and 35 ns with Input Rising
- 4-V to 15-V Supply Voltage
- Supply Current of 0.3 mA
- Dual Outputs Can Be Paralleled for Higher Drive Current
- Available in Thermally Enhanced MSOP PowerPAD™ Package with  $4.7^{\circ}\text{C}/\text{W}$   $\theta_{\text{JC}}$
- Rated From  $-40^{\circ}\text{C}$  to  $85^{\circ}\text{C}$

### APPLICATIONS

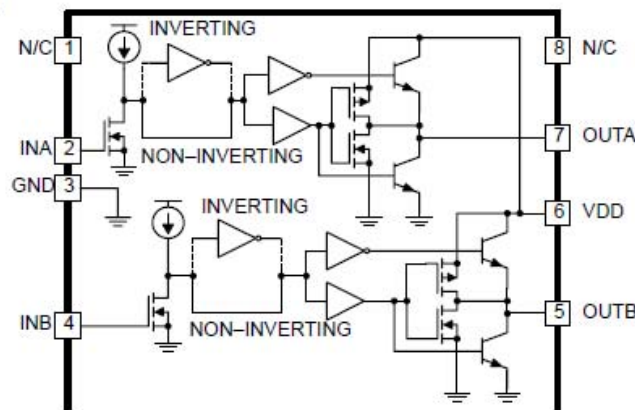
- Switch Mode Power Supplies
- DC/DC Converters
- Motor Controllers
- Line Drivers

### DESCRIPTION

The UCC37323/4/5 family of high-speed dual MOSFET drivers can deliver large peak currents into capacitive loads. Three standard logic options are offered – dual-inverting, dual-noninverting and one-inverting and one-noninverting driver. The thermally enhanced 8-pin PowerPAD™ MSOP package (DGN) drastically lowers the thermal resistance to improve long-term reliability. It is also offered in the standard SOIC-8 (D) or PDIP-8 (P) packages.

Using a design that inherently minimizes shoot-through current, these drivers deliver 4-A of current where it is needed most at the Miller plateau region during the MOSFET switching transition. A unique BiPolar and MOSFET hybrid output stage in parallel also allows efficient current sourcing and sinking at low supply voltages.

### BLOCK DIAGRAM



UDG-01063

PowerPAD™ is a trademark of Texas Instruments Incorporated.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

**PRODUCTION DATA** Information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

# UCC27323, UCC27324, UCC27325 UCC37323, UCC37324, UCC37325

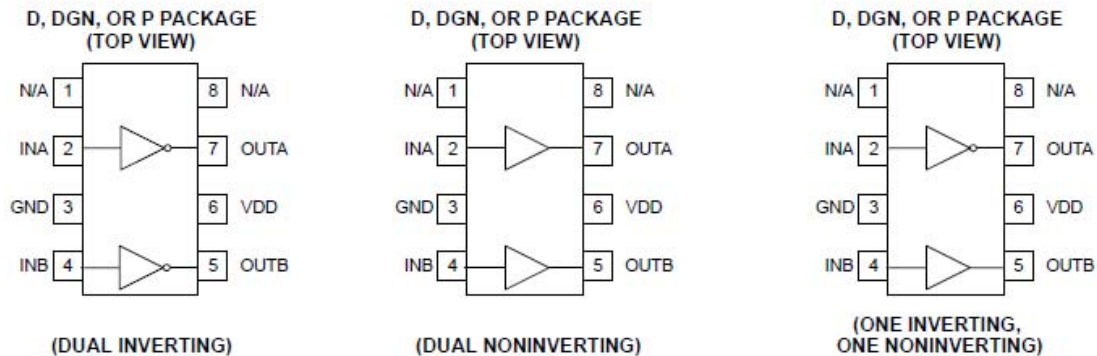
SLUS492B – JUNE 2001 – REVISED SEPTEMBER 2002

## ORDERING INFORMATION

OUTPUT CONFIGURATION	TEMPERATURE RANGE $T_A = T_J$	PACKAGED DEVICES		
		SOIC-8 (D)	MSOP-8 PowerPAD (DGN)‡	PDIP-8 (P)
Dual inverting	-40°C to +85°C	UCC27323D	UCC27323DGN	UCC27323P
	0°C to +70°C	UCC37323D	UCC37323DGN	UCC37323P
Dual nonInverting	-40°C to +85°C	UCC27324D	UCC27324DGN	UCC27324P
	0°C to +70°C	UCC37324D	UCC37324DGN	UCC37324P
One inverting, one noninverting	-40°C to +85°C	UCC27325D	UCC27325DGN	UCC27325P
	0°C to +70°C	UCC37325D	UCC37325DGN	UCC37325P

† D (SOIC-8) and DGN (PowerPAD-MSOP) packages are available taped and reeled. Add R suffix to device type (e.g. UCC27323DR, UCC27324DGNR) to order quantities of 2,500 devices per reel for D or 1,000 devices per reel for DGN package.

‡ The PowerPAD™ is not directly connected to any leads of the package. However, it is electrically and thermally connected to the substrate which is the ground of the device.



### power dissipation rating table

PACKAGE	SUFFIX	$\theta_{jc}$ (°C/W)	$\theta_{ja}$ (°C/W)	Power Rating (mW) $T_A = 70^\circ\text{C}$ See Note 1	Derating Factor Above $70^\circ\text{C}$ (mW/°C) See Note 1
SOIC-8	D	42	84 – 160‡	344–655 See Note 2	6.25 – 11.9 See Note 2
PDIP-8	P	49	110	500	9
MSOP PowerPAD-8 See Note 3	DGN	4.7	50 – 59‡	1370	17.1

- Notes: 1. 125°C operating junction temperature is used for power rating calculations  
 2. The range of values indicates the effect of pc-board. These values are intended to give the system designer an indication of the best and worst case conditions. In general, the system designer should attempt to use larger traces on the pc-board where possible in order to spread the heat away from the device more effectively. For information on the PowerPAD™ package, refer to Technical Brief, *PowerPad Thermally Enhanced Package*, Texas Instruments Literature No. SLMA002 and Application Brief, *PowerPad Made Easy*, Texas Instruments Literature No. SLMA004.  
 3. The PowerPAD™ is not directly connected to any leads of the package. However, it is electrically and thermally connected to the substrate which is the ground of the device.

Table 1. Input/Output Table

INPUTS (VIN_L, VIN_H)		UCC37323		UCC37324		UCC37325	
INA	INB	OUTA	OUTB	OUTA	OUTB	OUTA	OUTB
L	L	H	H	L	L	H	L
L	H	H	L	L	H	H	H
H	L	L	H	H	L	L	L
H	H	L	L	H	H	L	H

**UCC27323, UCC27324, UCC27325**  
**UCC37323, UCC37324, UCC37325**

SLUS492B – JUNE 2001 – REVISED SEPTEMBER 2002

**absolute maximum ratings over operating free-air temperature (unless otherwise noted)†**

Supply voltage, $V_{DD}$ .....	-0.3 V to 16 V
Output current (OUTA, OUTB) DC, $I_{OUT\_DC}$ .....	0.3 A
Pulsed, (0.5 $\mu$ s), $I_{OUT\_PULSED}$ .....	4.5 A
Power dissipation at $T_A = 25^\circ\text{C}$ (DGN package) .....	3 W
(D package) .....	650 mW
(P package) .....	350 mW
Junction operating temperature, $T_J$ .....	-55°C to 150°C
Storage temperature, $T_{stg}$ .....	-65°C to 150°C
Lead temperature (soldering, 10 sec.) .....	300°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.

‡ All voltages are with respect to GND. Currents are positive into, negative out of the specified terminal.

**electrical characteristics,  $V_{DD} = 4.5\text{ V to }15\text{ V}$ ,  $T_A = T_J$ , (unless otherwise noted)**

**input (INA, INB)**

PARAMETER	TEST CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{IN\_H}$ , logic 1 input threshold		2			V
$V_{IN\_L}$ , logic 0 input threshold				1	V
Input current	$0\text{ V} \leq V_{IN} \leq V_{DD}$	-10	0	10	$\mu\text{A}$

**output (OUTA, OUTB)**

PARAMETER	TEST CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output current	$V_{DD} = 14\text{ V}$ , See Note 1, See Note 2		4		A
$V_{OH}$ , high-level output voltage	$V_{OH} = V_{DD} - V_{OUT}$ , $I_{OUT} = -10\text{ mA}$		300	450	mV
$V_{OL}$ , low-level output level	$I_{OUT} = 10\text{ mA}$		22	40	mV
Output resistance high	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , See Note 3 $I_{OUT} = -10\text{ mA}$ , $V_{DD} = 14\text{ V}$ ,	25	30	35	$\Omega$
	$T_A = \text{full range}$ , See Note 3 $I_{OUT} = -10\text{ mA}$ , $V_{DD} = 14\text{ V}$ ,	18		42	$\Omega$
Output resistance low	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , See Note 3 $I_{OUT} = 10\text{ mA}$ , $V_{DD} = 14\text{ V}$ ,	1.9	2.2	2.5	$\Omega$
	$T_A = \text{full range}$ See Note 3 $I_{OUT} = 10\text{ mA}$ , $V_{DD} = 14\text{ V}$ ,	1.2		4.0	$\Omega$
Latch-up protection	See Note 1	500			mA

- NOTES: 1. Ensured by design. Not tested in production.  
 2. The pullup / pulldown circuits of the driver are bipolar and MOSFET transistors in parallel. The pulsed output current rating is the combined current from the bipolar and MOSFET transistors.  
 3. The pullup / pulldown circuits of the driver are bipolar and MOSFET transistors in parallel. The output resistance is the  $R_{DS(ON)}$  of the MOSFET transistor when the voltage on the driver output is less than the saturation voltage of the bipolar transistor.



**ANEXO D – DATASHEET DO IRF540.**

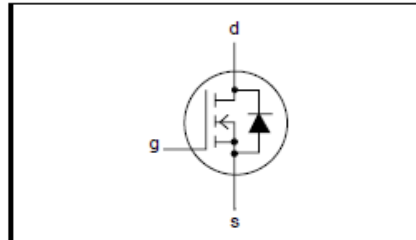
## N-channel TrenchMOS™ transistor

IRF540, IRF540S

## FEATURES

- 'Trench' technology
- Low on-state resistance
- Fast switching
- Low thermal resistance

## SYMBOL



## QUICK REFERENCE DATA

$$V_{DSS} = 100 \text{ V}$$

$$I_D = 23 \text{ A}$$

$$R_{DS(ON)} \leq 77 \text{ m}\Omega$$

## GENERAL DESCRIPTION

N-channel enhancement mode field-effect power transistor in a plastic envelope using 'trench' technology.

## Applications:-

- d.c. to d.c. converters
- switched mode power supplies
- T.V. and computer monitor power supplies

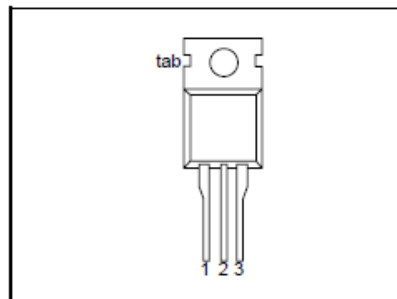
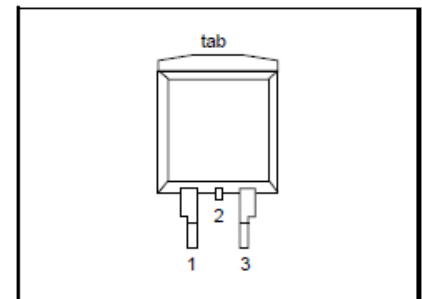
The IRF540 is supplied in the SOT78 (TO220AB) conventional leaded package.

The IRF540S is supplied in the SOT404 (D<sup>2</sup>PAK) surface mounting package.

## PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	gate
2	drain <sup>1</sup>
3	source
tab	drain

## SOT78 (TO220AB)

SOT404 (D<sup>2</sup>PAK)

## LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
$V_{DSS}$	Drain-source voltage	$T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ to $175 \text{ }^\circ\text{C}$	-	100	V
$V_{DGR}$	Drain-gate voltage	$T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ to $175 \text{ }^\circ\text{C}$ ; $R_{GS} = 20 \text{ k}\Omega$	-	100	V
$V_{GS}$	Gate-source voltage		-	$\pm 20$	V
$I_D$	Continuous drain current	$T_{mb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ; $V_{GS} = 10 \text{ V}$	-	23	A
		$T_{mb} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ; $V_{GS} = 10 \text{ V}$	-	16	A
$I_{DM}$	Pulsed drain current	$T_{mb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	-	92	A
$P_D$	Total power dissipation	$T_{mb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	-	100	W
$T_j, T_{stg}$	Operating junction and storage temperature		- 55	175	$^\circ\text{C}$

<sup>1</sup> It is not possible to make connection to pin:2 of the SOT404 package

**ANEXO E – DATASHEET DO IRF630**

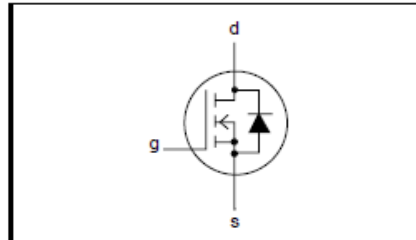
## N-channel TrenchMOS™ transistor

IRF630, IRF630S

## FEATURES

- 'Trench' technology
- Low on-state resistance
- Fast switching
- Low thermal resistance

## SYMBOL



## QUICK REFERENCE DATA

$$V_{DSS} = 200 \text{ V}$$

$$I_D = 9 \text{ A}$$

$$R_{DS(ON)} \leq 400 \text{ m}\Omega$$

## GENERAL DESCRIPTION

N-channel, enhancement mode field-effect power transistor using **Trench** technology, intended for use in off-line switched mode power supplies, T.V. and computer monitor power supplies, d.c. to d.c. converters, motor control circuits and general purpose switching applications.

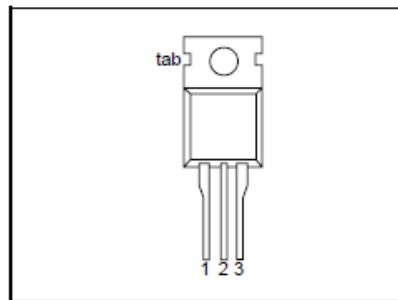
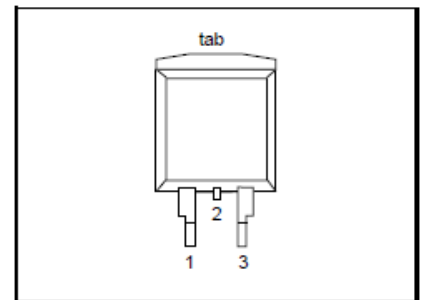
The IRF630 is supplied in the SOT78 (TO220AB) conventional leaded package

The IRF630S is supplied in the SOT404 (D<sup>2</sup>PAK) surface mounting package

## PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	gate
2	drain <sup>1</sup>
3	source
tab	drain

## SOT78 (TO220AB)

SOT404 (D<sup>2</sup>PAK)

## LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
$V_{DSS}$	Drain-source voltage	$T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ to $175 \text{ }^\circ\text{C}$	-	200	V
$V_{DGR}$	Drain-gate voltage	$T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ to $175 \text{ }^\circ\text{C}$ ; $R_{GS} = 20 \text{ k}\Omega$	-	200	V
$V_{GS}$	Gate-source voltage		-	$\pm 20$	V
$I_D$	Continuous drain current	$T_{mb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ; $V_{GS} = 10 \text{ V}$	-	9	A
		$T_{mb} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ ; $V_{GS} = 10 \text{ V}$	-	6.3	A
$I_{DM}$	Pulsed drain current	$T_{mb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	-	36	A
$P_D$	Total power dissipation	$T_{mb} = 25 \text{ }^\circ\text{C}$	-	88	W
$T_j, T_{stg}$	Operating junction and storage temperature		-55	175	$^\circ\text{C}$

<sup>1</sup> It is not possible to make connection to pin:2 of the SOT404 package