

# **Pesquisa de Componentes Usados Em Microcontroladores**

Para Início das Tarefas de Iniciação Científica 2017/01  
Engenharia de Controle e Automação

Lúcio Passos, Márcio Assunção, Mateus Braga e Matheus Cardoso

1 de junho de 2017

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução a Microcontroladores e ao Método de Pesquisa</b>	<b>3</b>
1.1	Os Microcontroladores . . . . .	3
1.2	Critérios de Escolha . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Series</b>	<b>3</b>
2.1	MSP430x1xx series . . . . .	3
2.2	MSP430F2xx series . . . . .	3
2.3	MSP430G2xx series . . . . .	4
2.4	MSP430x3xx series . . . . .	4
2.5	MSP430x4xx series . . . . .	4
2.6	MSP430x5xx series . . . . .	4
2.7	MSP430x6xx series . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Packaging</b>	<b>4</b>
3.1	Cut Tape . . . . .	4
3.2	Tape & Reel . . . . .	4
3.3	Tray . . . . .	5
3.4	Tube . . . . .	5
<b>4</b>	<b>Part Status</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>Core Processor</b>	<b>5</b>
5.1	CPUXV2 . . . . .	5
<b>6</b>	<b>Connectivity</b>	<b>5</b>
6.1	$I^2C$ . . . . .	5
6.2	IrDA . . . . .	5
6.3	LIN . . . . .	6
6.4	SCI . . . . .	6
6.5	SPI . . . . .	6
6.6	UART . . . . .	6
6.7	USART . . . . .	6
<b>7</b>	<b>Number of I/O</b>	<b>6</b>
7.1	Pinos Input/Output . . . . .	6
<b>8</b>	<b>Program Memory Size</b>	<b>7</b>
8.1	Flash Memory . . . . .	7
<b>9</b>	<b>RAM size</b>	<b>7</b>
9.1	Memória RAM . . . . .	7
<b>10</b>	<b>Voltage - Supply (Vcc/Vdd)</b>	<b>7</b>
10.1	Intervalos de Voltagem . . . . .	7
<b>11</b>	<b>Data Converters</b>	<b>8</b>
11.1	Conversor Analógico-Digital . . . . .	8
11.2	Conversor Digital-Analógico . . . . .	8
11.3	Como encontramos isso no DigiKey . . . . .	8

<b>12</b>	<b>Operating Temperature</b>	<b>8</b>
12.1	Produto Não Industrial . . . . .	8
12.2	Produto Industrial . . . . .	9

# 1 Introdução a Microcontroladores e ao Método de Pesquisa

## 1.1 Os Microcontroladores

Os microcontroladores (MCU) são sistemas computacionais completos, contendo uma CPU (unidade central de processamento), memória para armazenamento de dados e programas (RAM e ROM), conversores de sinais (Analógico/Digital e Digital/Analógico), sistema de Clock e portas do tipo Input e Output para comunicação da CPU com o ambiente externo.

O trabalho do grupo no resumo de atividades apresentado será elaborar alguns critérios para a escolha correta de um Microcontrolador para realizar nossas atividades, bem como teremos a preocupação de explicar os componentes a serem analisados para uma boa escolha de um MCU.

## 1.2 Critérios de Escolha

Para esse trabalho vamos simular uma compra de microcontrolador no site digikey, ao fazer essa simulação iremos levar em conta a apresentação de cada componente, bem como sua contribuição para o custo final do MCU e sua respectiva função.

Ao escolher um microcontrolador devemos pensar, em primeiro lugar, na função em que ele vai desempenhar no nosso sistema, em seguida devemos observar cada escolha de componente para dosar de maneira correta nossas compras (escolhendo componentes muito poderosos podemos realizar uma compra muito cara e que usa uma estrutura muito complexa para resolver uma tarefa muito simples, escolhendo componentes muito simples podemos efetuar uma compra barata mas que não resolve nossos problemas).

A primeira escolha feita pelo grupo foi com relação a família de microcontroladores que será escolhida para realizar nossos trabalhos, junto com o professor Márcio foi escolhida a família **MST430** fabricada pela **Texas Instruments**, é possível perceber, com uma rápida busca online, que essa linha é indicada para tarefas cujo desempenho não requer muito poder de processamento e que a linha escolhida é uma linha de baixo custo (essas especificações são coerentes com nosso propósito por estarmos utilizando nossos microcontroladores para operar em plantas didáticas, portanto não necessitamos de MCUs extremamente caros e complexos).

## 2 Series

Para essa seção será feito um resumo de cada série de Microcontroladores da família **MSP430** fabricado pela **Texas Instruments**.

### 2.1 MSP430x1xx series

É uma geração básica de microcontroladores sem um controlador de LCD embutido, oferecem 8 MIPS, possuem operação entre 1.8–3.6V e diversos periféricos analógicos/digitais.

### 2.2 MSP430F2xx series

Essa série opera de maneira semelhante a série 1xx, entretanto consegue operar com um menor gasto energético se comparado com a série 1xx. Seu tempo de Clock é mais preciso, pode operar entre 1.8 – 3.6V e consegue entrar em standby mode, podendo sair dessa condição em menos de 1 micro-segundo.

## 2.3 MSP430G2xx series

Seu funcionamento é semelhante ao da série F2xx, entretanto possui MCU com 16 MIPS, por ter uma menor quantidade de pinos I/O e menores opções pra memória flash e RAM costuma ser mais barata que série F2xx.

## 2.4 MSP430x3xx series

É uma geração mais antiga da família MSP430, se não a mais antiga, possui um controlador LCD embutido e pode operar entre  $2.5 - 5.5V$  e consegue sair do standby mode em menos de 1 micro-segundo.

## 2.5 MSP430x4xx series

Parecido com a série 3xx, entretanto possui LCD integrado e é maior e possui mais opções de memória, além de poder operar entre  $1.8 - 3.6V$  (considerado um bom MCU para aplicações médicas).

## 2.6 MSP430x5xx series

Série nova, possui processamento de até 25MHz, MCU com 25 MIPS (os quais consomem menos energia que de séries anteriores) e já possui porte de USB integrado.

## 2.7 MSP430x6xx series

Possui especificações muito parecidas com a série 5xx, apesar de ser menos flexível com a quantidade de pinos I/O.

# 3 Packaging

Ao entrarmos no site da digikey podemos perceber que para comprar um produto precisamos de aplicar filtros para a nossa compra. Os primeiros dois filtros necessários já foram discutidos, o primeiro fora o fabricante do nosso MCU (o fabricante escolhido fora a **Texas Instruments**) e o segundo filtro fora a família e a série (a família escolhida fora a **MST430**). Agora vamos tratar dos outros filtros restantes, a começar pelo packaging. Esse filtro indica o tipo de "embalagem" em que se encontram nossos circuitos integrados, essa parte da escolha é importante pois cada embalagem possui uma propriedade específica e de interesse para a portabilidade do nosso MCU.

## 3.1 Cut Tape

O tipo de embalagem Cut Tape é frequentemente usado para empacotar os circuitos integrados dos microcontroladores, uma vantagem para seu uso é seu tamanho uma vez que essa embalagem se assemelha muito a Tape & Reel entretanto possui suas fitas fatiadas, diminuindo o tamanho da embalagem e seu custo, o acesso aos componentes possui poucas diferenças entretanto a Cut Tape apresenta esse acesso um pouco mais demorado.

## 3.2 Tape & Reel

A embalagem Tape & Reel é, também, muito frequente ao analisarmos as opções de packaging. Essa embalagem possivelmente possui um custo maior que a Cut Tape por

acessar mais rapidamente seus componentes e também por possuir um tamanho maior para o uso de componentes, sem fitas fatiadas.

### **3.3 Tray**

A embalagem do tipo Tray é usada quando estamos trabalhando com uma maior superfície, dessa forma teremos componentes maiores e possivelmente mais caros.

### **3.4 Tube**

São embalagens usadas para proteger os componentes enquanto os mesmos estão sendo transportados por navio, geralmente é possível guardar uma quantidade menor de componentes nesse tipo de embalagem.

## **4 Part Status**

## **5 Core Processor**

### **5.1 CPUXV2**

A família MSP430 está munida com o o processador CPUXV2 que, aparentemente, é um processador mais barato mas capaz de realizar certas tarefas com uma velocidade satisfatória. A velocidade máxima para esse processador é 25 MHz, entretanto no site da DigiKey é possível recorrer a uma versão de velocidade inferior (no caso as velocidades inferiores dependem da série que será escolhida, a exemplo a série 5xx só pode ser escolhida com processamento de 18,20 ou 25 MHz, séries mais antigas podem ser escolhidas com um processamento mais devagar).

## **6 Connectivity**

### **6.1 $I^2C$**

O barramento  $I^2C$  que foi desenvolvido pela Philips é usado para conectar periféricos de baixa velocidade para uma placa mãe, sistema embarcado ou telefone celular (no nosso caso será utilizado para conectar os periféricos ao nosso sistema embarcado que contém a CPUXV2 como core).

### **6.2 IrDA**

IrDA é a associação que desenvolveu um padrão de comunicação sem fio entre aparelhos eletrônicos por meio de ondas infravermelho, o MCU da família MSP430 pode vir equipado com essa tecnologia que é barata. Apesar do preço barato a IrDA possui limitações no que tange a distância entre o MCU e o aparelho que vai ser comunicado, bem como limitações na velocidade de transmissão de dados.

## 6.3 LIN

O sistema LIN, ao que indica algumas pesquisas feitas pelo autor, aparenta ser um sistema para conforto utilizado em automóveis. A tecnologia LIN possui aplicações em MCUs no que tange ao microchip LIN que possui uma série de circuitos integrados usados, por exemplo, para regular a voltagem além de desempenhar outras funções.

## 6.4 SCI

O componente SCI é o componente que habilita a troca de dados bit-a-bit (one bit at a time) entre os nossos microprocessadores e os periféricos, o componente SCI pode, inclusive, habilitar a comunicação com uma rede de dados externa.

## 6.5 SPI

A interface SPI é usada para troca de dados entre os MCUs e seus periféricos. Sua função é parecida com a função do SCI. Uma diferença entre o sistema SPI e o sistema SCI é a velocidade e a distância, além de que o sistema SCI comunica o microprocessador com os periféricos do MCU e o SPI comunica o MCU com sensores e outros.

A interface SPI possui um clock mestre e suporta diversos escravos, possui uma maior velocidade de comunicação enquanto que a SCI, por ser uma comunicação serial, possui vantagens em seu alcance (longo alcance).

## 6.6 UART

UART é um microchip programável que controla a interface do computador com aparelhos conectados serialmente. Nas pesquisas feitas pelos alunos foi observado que muitas vezes a UART é mencionada como a comunicação serial usada nos MCUs e, muitas vezes, não se utiliza o termo SCI. Entretanto, foi mencionado ambos os termos pois estamos lidando com os dois ao acessar o site da DigiKey, que será o site utilizado para realizar nossa compra final.

## 6.7 USART

Assim como a UART a USART serve para facilitar a comunicação do nosso computador com aparelhos externos conectados. Entretanto, uma USART oferece o modo síncrono de comunicação, esse modo não é disponível na UART, e dessa forma para os aparelhos se comunicarem é necessário um pulso de Clock e essa comunicação é feita por turnos fixos (na UART as informações não são transmitidas com um sinal de Clock e logo não precisam de turnos fixos, portanto a UART transmite sempre a informação bit-a-bit enquanto a USART pode transporta blocos de informações).

# 7 Number of I/O

## 7.1 Pinos Input/Output

Essa seção diz respeito ao número de portas para a comunicação da CPU com o ambiente externo, ou seja o número de pinos para, por exemplo, LEDs, conexões externas, sensores de temperatura e outros.

Cada série da família MSP430 pode apresentar diferentes opções para a quantidade de entradas Input/Output, vale lembrar que quanto maior a quantidade de portas maior o preço do nosso produto final, portanto é importante analisar no sistema a quantidade de portas que serão necessárias pois se selecionarmos um modelo com quantidade excessiva podemos pagar mais para fazer a mesma coisa que um modelo mais modesto seria capaz de realizar. Podemos citar o exemplo da série 5xx que possui as opções de conter 17,29,31,37,38,47,53,63,67,74 ou 87 pinos I/O, escolher um modelo com 87 pinos para um projeto como o nosso pode ser o mesmo que rasgar dinheiro pois o MCU custaria caro e com certeza não iremos usar tantos pinos.

## 8 Program Memory Size

### 8.1 Flash Memory

A memória Flash é uma memória do tipo EEPROM, não-volátil (ou seja diferentemente da RAM, volátil, a memória flash não precisa de energia para manter suas informações armazenadas).

A memória flash pode ser reprogramável, ou seja ela pode ter um conteúdo deletado em função de armazenar um novo. No site da DigiKey a memória flash está sendo referenciada como Program Memory Size pois é nela que iremos guardar parte dos nossos códigos já traduzidos para binário e caso o código não funcione podemos deletá-lo e escrever/armazenar outro em seu lugar, size se refere ao tamanho desse tipo de memória e cada tamanho pode variar com a série de microcontroladores que estamos escolhendo. A série 5xx pode variar seu tamanho de Program Memory entre 8KB e 512KB, outras séries podem ter intervalos começando de valores menores e com menor intervalo.

## 9 RAM size

### 9.1 Memória RAM

A memória RAM é uma memória importante, em todo tipo de computador a memória RAM está presente, como já vimos que um MCU é um pequeno computador aqui não seria diferente e sua presença é muito importante.

A memória RAM possui as funções de escrita-leitura e por ser uma memória volátil ela não mantém a data após ter seu suprimento de energia cortado. Portanto, a função da RAM em um MCU é, basicamente, trabalhar com nossas variáveis, uma vez que elas mudam muito e quando estamos trabalhando com uma planta didática de um trocador de calor, por exemplo, ao lermos as temperaturas indicadas em um painel podemos armazenar esses dados desde anotando em um papel (maneira rudimentar) até, por exemplo, usando um software externo para armazenar esses dados em tabela (como por exemplo o Excel), de forma que ao desligar a planta não é necessário manter esses valores registrados para um próximo uso.

## 10 Voltage - Supply ( $V_{cc}/V_{dd}$ )

### 10.1 Intervalos de Voltagem

A escolha que deve ser feita aqui é definir qual será o intervalo de Voltagem necessário para manter nosso MCU funcionando, intervalos menores são satisfatórios para um menor



consumo de energia e a família MSP430 é um destaque nesse quesito.

A série 5xx, por exemplo, possui dois intervalos de operação que podem ser definidos na hora da compra, podemos escolher tanto  $1.8 - 3.6V$ , bem como  $2.2 - 3.6V$ . Séries mais antigas como a 3xx possuem intervalos de operação maiores (no exemplo em questão  $2.5 - 5.5V$ ).

## 11 Data Converters

Essa seção diz respeito aos conversores analógico/digital e digital/analógico. Acreditamos que um conversor analógico/digital para o nosso projeto seja o mais importante, pois queremos pegar algum dado do meio externo que estão disponíveis de forma analógica (o som, temperatura, pressão poderiam ser alguns exemplos) e transformar em código binário digital, para ser trabalhado em nosso MCU.

### 11.1 Conversor Analógico-Digital

Esse conversor vai capturar informações no ambiente externo e converter esse sinal para uma representação digital, essa representação vem na forma de binário e muitas vezes esses conversores são capazes de fornecer um erro que na verdade é a quantidade de informação perdida.

### 11.2 Conversor Digital-Analógico

Esse conversor apresenta como valores de input uma série de códigos binários e como output uma conversão aproximada de um sinal analógico, muitas vezes é usado a palavra sinal analógico discreto para indicar que essa aproximação está sujeita a erros.

### 11.3 Como encontramos isso no DigiKey

No site da DigiKey temos no filtro Data Converters que escolher se vamos adicionar ao nosso MCU a opção A/D ou a opção A/D mais D/A, Analógico-Digital e Analógico-Digital mais Digital-Analógico respectivamente.

A seguir de A/D ou D/A sempre temos um par de números seguidos de um b (a exemplo 10x10b), após algumas pesquisas os alunos acreditam que isso seja o número de bits e como em um conversor A/D estamos trabalhando com informações contínuas se tornando digitais, ou seja informações supostamente infinitas tornado-se finitas, quanto maior a quantidade de bits menor vai ser nosso erro.

## 12 Operating Temperature

Essa seção trabalha com o intervalo de temperatura com o qual nosso MCU deve operar. Apesar desse critério parecer muito simples é importante prestar atenção ao propósito do MCU e avaliar o intervalo adequado.

### 12.1 Produto Não Industrial

MCUs que funcionam a temperaturas de 0 até 85 graus celsius são considerados produtos para uso não industrial, para o nosso caso esses produtos são, provavelmente, os mais adequados. Conversando com o grupo que realizou o projeto de automação da planta de

calor foi informado que o trocador poderia atingir valores altos de temperatura com o uso incorreto mas os alunos de IC não acreditam que o MCU estava em contato direto com esse trocador.

## **12.2 Produto Industrial**

MCUs que funcionam de temperaturas de -40 até 85 graus celsius (alguns podem chegar a marca de até 150 celsius) são considerados produtos industriais. Com grande probabilidade não será necessário usar produtos com faixas de temperaturas tão largas.

Vale lembrar que esses critérios foram fornecidos pelo site da DigiKey e pelas especificações padrão da AEC-Q100, vale lembrar que alguns dos MCUs da família MSP430 não seguem essas normas à risca mas o grupo de alunos com auxílio dos professores será capaz de tomar decisões prudentes.

## Referências

- [1] <http://www.digikey.com/catalog/en/partgroup/msp430f550x-and-msp430f5510/53013>
- [2] <http://blog.optimumdesign.com/cut-tape-vs.-tape-and-reel-a-component-packaging-type-comparison>
- [3] [https://en.wikipedia.org/wiki/Integrated\\_circuit](https://en.wikipedia.org/wiki/Integrated_circuit)
- [4] <http://www.hardware.com.br/termos/irda>
- [5] <http://www.electronicshub.org/microcontrollers/>
- [6] <http://www.digikey.com/products/en/integrated-circuits-ics/embedded-microcontrollers/685?k&pkeyword=&s31749&FVffe002ad%2Cfffc0128&mnonly0&newproducts=0&ColumnSort0&page1&quantity0&ptm0&fid0&pageSize=25>
- [7] <http://blog.novaeletronica.com.br/qual-diferenca-entre-microprocessador-e-microcontrolador/>
- [8] <https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/801q1.2>
- [9] <http://eleceng.dit.ie/frank/msp430/msp430.pdf>
- [10] <http://www.microchip.com/design-centers/lin>
- [11] [https://en.wikipedia.org/wiki/Flash\\_memory](https://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory)
- [12] <https://en.wikipedia.org/wiki/EEPROM>
- [13] [http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/eduardo\\_henrique/materiais/apostila\\_micro\\_do\\_Gustavo\\_Weber.pdf](http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/eduardo_henrique/materiais/apostila_micro_do_Gustavo_Weber.pdf)
- [14] <http://www.instructables.com/id/How-to-choose-a-MicroController/?ALLSTEPS>