

Micro-controladores Família PIC

Tutorial

**Curso de Mecatrônica
UNICAMP**

**João Maurício Rosário
maio de 2002**

Micro-controladores Família PIC

Tutorial

SUMÁRIO

1	OBJETIVO	3
2	MICRO-CONTROLADORES	3
2.1	MICRO-CONTROLADOR PIC16F84.....	3
2.2	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS	4
2.3	MICROCHIP.....	5
3	ARQUITETURAS DE MICRO-CONTROLADORES	6
3.1	MEMÓRIA DE PROGRAMAÇÃO.....	6
3.2	MEMÓRIA DE DADOS.....	6
3.3	TIMER.....	7
3.4	PRE-SCALE	7
3.5	WHATDOG.....	7
3.6	INTERRUPÇÃO.....	8
4	PROGRAMAÇÃO ASSEMBLER	9
5	O AMBIENTE DE PROGRAMAÇÃO MPLAB	9
6	O KIT DIDÁTICO MOSAICO	10
7	O SISTEMA DE GRAVAÇÃO MICRO-FLASH E SOQUETE MICRO-SOC	11
8	FAMÍLIA DE COMPONENTES	12

Micro-controladores

Família PIC

Tutorial

1 OBJETIVO

Este tutorial sobre PIC tem o objetivo dar uma visão geral sobre os micro-controladores da família PIC. Um dos aspectos mais interessantes do PIC é que, mesmo sendo a maior família de micro-controladores do mercado em termos de variedade de modelo, todos os modelos foram desenvolvidos a partir da mesma filosofia de produto.

Esta característica da família PIC permite a compatibilidade de códigos (linguagem assembler) e a estruturação das aplicações, pois um código escrito para um modelo de PIC poderá ser migrado para outro modelo equivalente em termos de recursos necessários sem que sejam necessárias grandes mudanças no código fonte. Isto facilita o trabalho de quem desenvolve e preserva o investimento de quem produz. Para que nosso estudo seja mais objetivo, escolhemos como foco deste tutorial o PIC 16F84.

1.1 MICRO-CONTROLADORES

Um sistema computacional é composto por uma unidade de processamento, memória e portas de entrada/saída (I/O).

A maioria das pessoas limitam o conceitos de sistema computacional ao computador que temos em casa, vulgo PC (Personal Computer). No entanto todo sistema que a partir de dados de entrada, executa algum processamento mediante um programa armazenado em uma memória gerando uma saída é chamado de sistema computacional. Podemos definir micro-controlador como sendo um sistema computacional integrado, pois ele possui unidade de processamento, memória e entradas e saídas integrados em um único chip.

1.2 MICRO-CONTROLADOR PIC 16F84

Este componente de 18 pinos pode ser classificado na faixa intermediária em termos de recursos disponíveis pois ele possui interrupções mas, no entanto, não dispõe de periféricos como PWM, conversores A/D ou portas de comunicação serial.

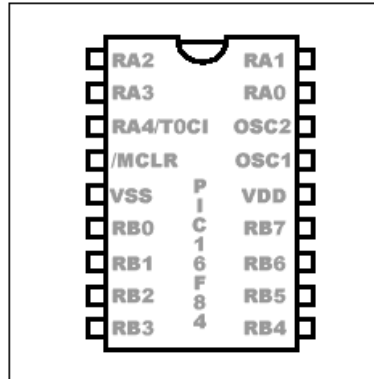


FIGURA 1 - Pinagem e principais características do PIC 16F84.

1.3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

- Memória de Programa Flash (1024 words de 14bits)
- Memória de dados 68 bytes
- Memória EEPROM 64 bytes
- 13 Entradas / Saídas
- PORT A: RA0 ... RA4 (5 PINOS)
- PORT B: RB0 ... RB7 (8 PINOS)
- Cap. de corrente: 25mA (por pino)
- 4 tipos diferentes de Interrupção

1.4 MICROCHIP

A Microchip é uma empresa norte americana, fundada em 1989, com sede na cidade de Chandler, Arizona (oeste dos E.U.A.) Esta empresa desenvolve, fabrica e comercializa microcontroladores (PIC), memórias seriais (I2C e SPI), produtos para segurança (Keeloq), identificadores por RF (RFID), conversores A/D, circuitos integrados de supervisão (Brown out) e amplificadores operacionais.

Principais Endereços:

Estados Unidos:

Corporate Headquarters Microchip Technology Inc
 2355 West Chandler Blvd. Chandler, Arizona, USA 85224-6199
 T.: (480) 786-7200 (480) FAX: 899-9210

Brasil:

A Microchip é representada no Brasil pela empresa Artimar. Os micro-controladores PIC. podem ser comprados junto aos distribuidores autorizados: Aut-Comp, Future e Hitech.

2 ARQUITETURAS DE MICRO-CONTROLADORES

A arquitetura de um sistema digital define quem são e como as partes que compõe o sistema estão interligadas. As duas arquiteturas mais comuns para sistemas computacionais digitais são as seguintes:

Arquitetura de Von Neuman : A Unidade Central de Processamento é interligada à memória por um único barramento. O sistema é composto por uma única memória onde são armazenados dados e instruções.

Arquitetura de Harvard: A Unidade Central de Processamento é interligada a memória de dados e a memória de programa por barramento específico.

O PIC possui arquitetura Harvard. A memória de dados é do tipo RAM (volátil) e , no caso do 16F84, a memória de programa é do tipo Flash (letra F no código).

2.1 MEMÓRIA DE PROGRAMAÇÃO

A memória de programação é onde as instruções do programa são armazenadas. No caso do 16F84 esta memória é de 1024 palavras (words) de 14 bits cada uma. Parte destes 14 bits informam o OP-CÓDIGO (código da instrução) e o restante traz consigo o argumento da instrução correspondente. Na família PIC existem três tipos de memória de programa: EPROM (O.T.P. - One Time Programmable), EEPROM (janelado) e FLASH. Existem duas posições da memória de programa que recebem nomes especiais: vetor de reset e vetor de interrupção.

O vetor de reset é para onde o programa vai quando ele é inicializado, enquanto que o vetor de interrupção é a posição da memória de programa para onde o processamento é desviado quando ocorre uma interrupção.

2.2 MEMÓRIA DE DADOS

A memória de dados é uma memória volátil do tipo R.A.M. (random access memory). O mapa de memória é dividido em duas partes: registradores especiais (special function register - S.F.R.) e registradores de uso geral (general purpose register - G.P.R.). Como o ponteiro da memória de programa tem capacidade de endereçar somente 128 posições de memória de cada vez (7 bits), a memória de programa é dividida em bancos (banco 0 e banco 1 no 16F84).

Esta divisão implica em termos posições de memória que somente poderão ser acessadas caso o banco a que ela pertença seja previamente selecionado através de um bit específico do S.F.R. STATUS.

2.3 UNIDADE LÓGICA ARITMÉTICA

A unidade lógica aritmética é onde todas as operações lógicas (funções lógicas booleanas: e ou, exclusivo e complemento) e aritméticas (soma e subtração) são efetuadas. O registrador W sempre estará envolvido de alguma forma em toda operação lógica ou aritmética. Existem dois destinos possíveis para estas operações: o W (work) ou um registrador (posição da memória de dados) definido no argumento da instrução.

3 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS

3.1 CICLO DE MÁQUINA

Um micro-controlador pode ser entendido como sendo uma máquina que executa operações em ciclos. Todos os sinais necessários para a busca ou execução de uma determinada instrução devem ser gerados dentro de um período de tempo denominado Ciclo de Máquina. Nos PIC com memória de programa de 12 e 14 bits um Ciclo de Máquina corresponde a quatro períodos de clock (1:4) denominados Q1, Q2, Q3 e Q4, conforme pode ser verificado na figura abaixo.

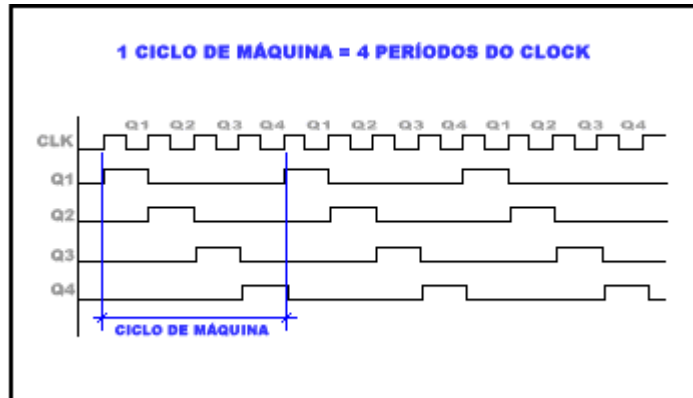


FIGURA 3 - Ciclo de Máquina.

3.2 PIPELINE

Se para efeito de análise dividirmos o processamento interno do PIC em ciclos de busca e execução, podemos afirmar que para cada instrução executada foi necessária a execução prévia de um ciclo de busca. Imagine um sistema que implemente um ciclo de busca e ao mesmo tempo processe um ciclo de execução. Desta forma, no início de cada Ciclo de Máquina haverá uma instrução pronta para ser executada.

No entanto algumas instruções fazem com que este sistema seja desarticulado: são as chamadas instruções de desvio. As instruções de desvio são aquela que alteram o valor do Program Counter (contador/ponteiro de programa).

Quando ocorre um desvio a instrução que já foi previamente buscada pelo sistema de Pipeline não é válida, pois estava na posição de memória de programa apontada pelo PC antes dele ter seu valor alterado para o destino especificado. Conseqüentemente torna-se necessário a execução de um novo ciclo de busca, que obviamente demandará mais um ciclo de máquina, resultando em um tempo de total de processamento igual a dois ciclos de máquinas.

Label	Instrução	Pipeline
BT_1	MOVLW .100	ADDWF COUNT,F
	ADDWF COUNT,W	MOVWF COUNT,W
	MOVWF RESULT	GOTO MOSTRA
	GOTO MOSTRA	MOVLW .50 (DESCARTADO) MOVF MOSTRA,W (NOVA BUSCA)
BT_2	MOVLW .50	
	(...)	
	(...)	
	(...)	
MOSTRA	MOVF MOSTRA,W	MOVWF PORTB
	MOVWF PORTB	(...)

Tabela 1 - atuação do Pipeline.

Regra: toda instrução do PIC demanda um Ciclo de Máquina para ser executada, exceto aqueles que provocam desvio no programa que as quais demanda dois Ciclos de Máquina.

3.3 *TIMER*

O PIC possui internamente um recurso de hardware denominado Timer0. Trata-se de um contador de 8bits incrementado internamente pelo ciclo de máquina ou por um sinal externo (borda de subida ou descida), sendo esta opção feita por software durante a programação (SFR). Como o contador possui 8 bits ele pode assumir 256 valores distintos (0 até 255). Caso o ciclo de máquina seja de 1us, cada incremento do Timer corresponderá a um intervalo de 1us. Caso sejam necessário intervalos de tempos maiores para o mesmo Ciclo de Máquina, utilizamos o recurso de PRE-SCALE.

3.4 *PRE-SCALE*

O Pre Scale é um divisor de frequência programável do sinal que incrementa o Timer0. Quando temos um pre scale de 1:1, cada ciclo de máquina corresponde a um incremento do Timer0 (unidade de Timer0). Ao alterarmos o pre scale para, por exemplo 1:4 (os valores possíveis são as potências de dois até 256), o Timer0 será incrementado uma vez a cada quatro ciclos de máquina.

3.5 *WATCHDOG*

O watchdog é um recurso disponível no PIC que parte do princípio que todo sistema é passível de falha. Se todo sistema pode falhar, cabe ao mesmo ter recursos para que, em ocorrendo uma falha, algo seja feito de modo a tornar o sistema novamente operacional.

Dentro do PIC existe um contador incrementado por um sinal de relógio (clock) independente. Toda vez que este contador extrapola o seu valor máximo retornando a zero, é provocado a reinicialização do sistema (reset).

Clear Watchdog: Se o sistema estiver funcionando da maneira correta, de tempos em tempos uma instrução denominada clear watchdog timer (CLRWDT) zera o valor deste contador, impedindo que o mesmo chegue ao valor máximo. Desta maneira o Watchdog somente irá "estourar" quando algo de errado ocorrer.

Pre Scale: O período normal de estouro do Watchdog Timer é de aproximadamente 18 ms. No entanto, algumas vezes este tempo é insuficiente para que o programa seja normalmente executado. A saída neste caso é alocar o recurso de Pre Scale de modo a aumentar este período. Se sem o pre scale o período é de 18ms, quando atribuímos ao Watchdog Timer um PRE SCALE de 1:2 (um para dois) nos dobramos este período de modo que o processamento possa ser executado sem que seja feita uma reinicialização.

3.6 INTERRUPÇÃO

As Interrupções são causadas através de eventos assíncronos (podem ocorrer a qualquer momento) que causam um desvio no processamento. Este desvio tem como destino o vetor de interrupção.

Uma boa analogia para melhor entendermos o conceito de interrupção é a seguinte: você está trabalhando digitando uma carta no computador quando o seu ramal toca. Neste momento você, interrompe o que está fazendo, para atender ao telefone e verificar o que a pessoa do outro lado da linha está precisando. Terminada a conversa, você coloca o telefone no gancho novamente e retoma o seu trabalho do ponto onde havia parado. Observe que não precisamos verificar a todo instante, se existe ou não alguém na linha, pois quando o ramal é chamado, o telefone toca avisando que existe alguém querendo falar com você.

O PIC 16F84 possui quatro interrupções:

- Interrupção externa (RB0)
- Interrupção por mudança de estado (RB4..RB7)
- Interrupção por tempo (TMR0)
- Interrupção de final de escrita na EEPROM

A habilitação das interrupções nos PIC segue a seguinte filosofia. Existe uma chave geral (general interrupt enable) e chaves específicas para cada uma das interrupções. Deste modo, se eu quiser habilitar a interrupção de tempo (TMR0) eu devo "setar" o bit da chave geral e também o bit da chave específica (TOIE), ambos presentes no registrador especial (S.F.R.) INTCON.

POWER ON RESET: é um sistema faz com que durante a energização o pino de Master Clear (/MCLR) permaneça durante algum tempo em zero, garantindo a inicialização.

POWER UP TIMER: é um temporizador que faz com que o PIC, durante a energização (power up), aguarde alguns ciclos de máquina para garantir que todo o sistema periférico (display, teclado, memórias, etc) estejam operantes quando o processamento estiver sendo executado.

BROWN OUT: O Brown Out monitora a diferença de tensão entre VDD e VSS, provocando a reinicialização do PIC (reset) quando esta cai para um valor inferior ao mínimo definido em manual.

SLEEP: O modo de operação Sleep foi incluído na família PIC para atender um mercado cada vez maior de produtos que devem funcionar com pilhas ou baterias. Estes equipamentos devem ter um consumo mínimo para que a autonomia seja a máxima.

Quando o PIC é colocado em modo Sleep (dormir), através da instrução SLEEP, o consumo passa da ordem de grandeza de mA (mili ampères) para uA (micro ampères). Existem três maneiras de "acordar o PIC": por interrupção externa/estado, estouro de Watchdog ou reinicialização (/MCRL).

4 **PROGRAMAÇÃO ASSEMBLER**

A linguagem de programação Assembler do PIC 16F84 é composto por 35 instruções. As instruções são expressas na forma de mnemônicos. O mnemônico é composto por termos e operações. As operações (tabela 3) definem as ações que são completadas e especificadas pelos termos (tabela 2).

As instruções são divididas em quatro grupos:

- instruções orientadas a byte (registradores);
- instruções orientadas a bit;
- instruções com constantes (literais);
- instruções de controle.

W	work	S	skip (pule)
F	file (posição da RAM)	S	set
L	literal (constante)	C	clear
B	bit	Z	zero
T	test		

Tabela 2: Termos

ADD	somar	MOV	mover
AND	lógica "E"	RL	rodar para esquerda
CLR	limpar	RR	rodar para direita
COM	complementar	SUB	subtrair
DEC	decrementar	SWAP	comutar
INC	incrementar	XOR	lógica "ou exclusivo"
IOR	lógica "OU"		

Tabela 3: Operações

5 **O AMBIENTE DE PROGRAMAÇÃO MPLAB**

O MpLab é um ambiente integrado de desenvolvimento (I.D.E.: Integrated Development Environment). No mesmo ambiente o usuário pode executar todos os procedimentos relativos ao desenvolvimento de um software para micro-controlador, tornando o trabalho do projetista mais produtivo.

Edição: O MapLab possui um editor de programa que possui diversas ferramentas de auxílio como localizar, substituição, recortar, copiar e colar.

Compilação: Compilar significa traduzir um programa escrito em Assembler (mnemônicos) para linguagem de máquina (números). A compilação gera um arquivo com extensão .hex (hexadecimal) a partir dos arquivos de código fonte (.asm) e de projeto (.pjt). É o conteúdo do arquivo hexadecimal que é gravado na memória de programa do PIC.

Simulação: O MpLab possui ferramentas para simulação do programa, possibilitando a execução passo a passo, visualização e edição do conteúdo dos registradores, edição de estímulos (entradas), contagem de tempo de execução, etc.

Gravação: Para que o programa seja executado no micro-controlador, o arquivo hexadecimal deve ser gravado no PIC. O MpLab oferece suporte ao gravador PIC StartPlus, fabricado pela Microchip.

Emulação: A Emulação é um recurso de desenvolvimento que possibilita testes em tempo real. O MpLab oferece suporte ao hardware necessário para estar emulando um determinado programa.

6 KIT DIDÁTICO MOSAICO

Esta interface foi desenvolvida pela empresa Mosaico Engenharia Ltda. e utiliza o micro-controlador PIC16F877 como objeto central e uma série de periféricos foram adicionados. O nosso objetivo é disponibilizar uma interface de desenvolvimento onde o usuário possa testar seus conhecimentos em software, sem se preocupar com a montagem do hardware. A figura 4 mostra esta interface.

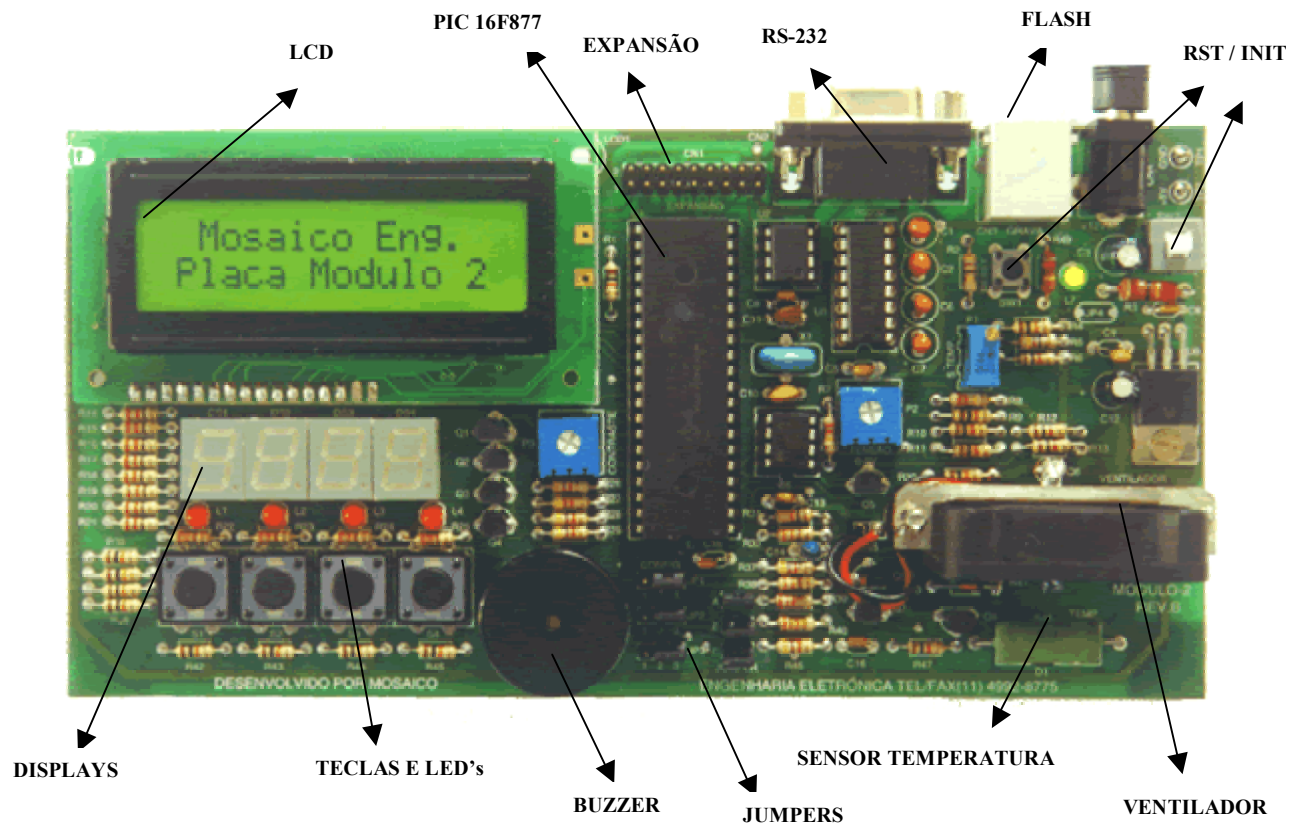


Figura 4: Kit Didático MOSAICO.

A partir desta interface todo o hardware necessário para a comunicação serial e interfaceamento com dispositivos mecatrônicos se encontram integrados, bastando o desenvolvimento do software aplicativo. Os principais recursos que esta interface oferece são:

1. LCD alfanumérico
2. Displays de leds de 7 segmentos
3. Teclas e Leds
4. Buzzer
5. Memória serial E²PROM 24C04
6. Comunicação serial RS232
7. Conversão A/D
8. Sistema de temperatura
9. Leitura de jumpers
10. Gravação in-circuit compatível com McFlash
11. Conector de expansão contendo 15 I/O's
12. Jumper de configuração
13. Alimentação e Reset
14. PIC 16F877

7 *SISTEMA DE GRAVAÇÃO – MICRO-FLASH E SOQUETE MICRO-SOC*

O McFlash opera diretamente dentro do MPLAB (Microchip): simula o PIC START PLUS. Aceita toda família Flash "16FXXX". Comunicação serial com PC (DB9-RS232). Leds indicadores de "ligado" e de "operando". Soquete padrão "MicroSoc" (RJ6) para interligar com outros módulos da Mosaico. Soquete de gravação para PICs de 18, 28 e 40 pinos. Pode-se acoplar soquete ZIF (da AIREs, não incluso). Opera diretamente com o Kit Didático, neste caso compartilhando a mesma fonte. Manual completo incluindo dicas do MPLAB (software disponível no site da Microchip). Inclui: placa do gravador e do MCSOC, cabo RJ6 e fonte de alimentação



Figura 5: Gravador Micro-Flash.

O Sistema McPlus opera diretamente dentro do MPLAB (Microchip) possuindo as seguintes características:

- Simulação do PIC START PLUS,
- Placa do gravador e do Micro-Soc, cabo RJ6 e fonte de alimentação.
- Gravação de 76 modelos da linha PIC entre Flash e OTP,
- Comunicação serial com PC (DB9-RS232),
- Led's indicadores de "ligado" e de "operando",
- Soquete padrão "MCSOC" (RJ6) para interligar com outros módulos da Mosaico,
- Soquete de gravação para PIC's de 18, 28 e 40 pinos.



Figura 5: Soquete de gravação PIC Micro-Soc.

8 *FAMÍLIA DE COMPONENTES*

Pode-se acoplar ainda um soquete ZIF (da AIREs, não incluso). Opera diretamente com o McLab 1, neste caso compartilhando a mesma fonte. O Manual completo incluindo dicas do software MPLAB estão disponíveis no site internet da Microchip.

O sistema McPlus grava os seguintes componentes:

PIC12C508A	PIC16C505	PIC16C62A	PIC16C662	PIC16C73	PIC16C774	PIC16F83
PIC12C508	PIC16C554	PIC16C62B	PIC16C67	PIC16C73A	PIC16C84	PIC16F83A
PIC12C509	PIC16C558	PIC16C63	PIC16C71	PIC16C73B	PIC16CE623	PIC16F84
PIC12C509A	PIC16C61	PIC16C63A	PIC16C710	PIC16C74	PIC16CE624	PIC16F84A
PIC12C671	PIC16C62	PIC16C64	PIC16C711	PIC16C745	PIC16CE625	PIC16F870
PIC12C672	PIC16C620	PIC16C642	PIC16C712	PIC16C74A	PIC16F627	PIC16F871
PIC12CE518	PIC16C620A	PIC16C64A	PIC16C715	PIC16C74B	PIC16F628	PIC16F872
PIC12CE519	PIC16C621	PIC16C65	PIC16C716	PIC16C76	PIC16F73	PIC16F873
PIC12CE673	PIC16C621A	PIC16C65A	PIC16C717	PIC16C765	PIC16F74	PIC16F874
PIC12CE674	PIC16C622	PIC16C65B	PIC16C72	PIC16C77	PIC16F76	PIC16F876
	PIC16C622A	PIC16C66	PIC16C72A	PIC16C773	PIC16F77	PIC16F877