



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ**

**Dpto. de Engenharia Química – Curso de Engenharia Elétrica**

**DEQ – 10300 - MICROCONTROLADORES**

**DATA EEPROM MEMORY – PIC18F4520**

LEONARDO DALBERTO DOS SANTOS – RA: 98918

LUCAS RIBEIRO BARZOTTO – RA: 98893

NATHÁLIA DOS SANTOS SILVA FERREIRA – RA: 101215

MARINGÁ  
2019

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>01</b>
<b>2</b>	<b>MEMÓRIA EEPROM – PIC18F4520</b>	<b>02</b>
<b>2.1</b>	<b>Registradores</b>	<b>02</b>
<b>2.2</b>	<b>Leitura dos dados da EEPROM</b>	<b>04</b>
<b>2.3</b>	<b>Escrita dos dados na EEPROM</b>	<b>05</b>
<b>2.4</b>	<b>Proteção dos dados escritos</b>	<b>06</b>
<b>3</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>07</b>
<b>4</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>09</b>

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 – Exemplo de leitura dos dados da EEPROM	05
Figura 2 – Exemplo de escrita dos dados da EEPROM	05
Figura 3 – Exemplo de atualização dos dados da EEPROM	07

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Registrador EECON1: EEPROM Control Register 1 – 2004	02
Tabela 2 – Registrador associados à Memória EEPROM	04
Tabela 3 – Especificações para a memória EEPROM	07

## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a evolução tecnológica se deu forma acelerada, principalmente no campo da computação. Um elemento que teve um papel importante neste processo foi a memória, que hoje está presente em todos os sistemas embarcados. E esta não deixou de acompanhar a evolução tecnológica.

Na década de 50 foi desenvolvida a memória PROM (programmable read-only memory), que como o próprio nome já diz era uma memória programável que permitia apenas a operação de leitura de seus dados gravados. A evolução da PROM foi a EPROM (erasable programmable read-only memory), que por sua vez introduziu as memórias que poderiam ser programadas mais de uma vez. Uma versão melhorada da memória EPROM surgiu na década de 70, e foi chamada de EEPROM (electrically erasable programmable read-only memory), revolucionando a indústria, sendo utilizada até hoje.

A memória EEPROM é do tipo não volátil, ou seja, armazenam os dados gravados mesmo depois de ser desligada de uma fonte de energia. Ao contrário do que sua nomenclatura diz, ela permite a realização de operações de leitura e escrita, bem como apagar os dados gravados.

Nota-se a semelhança com os atuais discos rígidos de gravação, memórias não voláteis que permitem escrita e leitura. Contudo as memórias do tipo EEPROM são menos robustas e consomem menos potência nos seus processos. Portanto as memórias EEPROM demonstram-se muito eficientes quando é necessário o armazenamento permanente de dados que podem variar durante o funcionamento de um sistema.

Atualmente, muitos circuitos, equipamentos e sistemas embarcados fazem uso dos benefícios providos por este tipo de memória. Alguns dispositivos mais específicos que possuem a EEPROM na sua construção são os microcontroladores, que são intensamente utilizados na indústria.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo descrever e explicar o funcionamento e funções da memória EEPROM em um microcontrolador, mais precisamente, no microcontrolador PIC18F4520, possibilitando um entendimento claro e objetivo.

## 2. MEMÓRIA EEPROM – PIC18F4520

### 2.1 Registradores

A memória EEPROM é uma memória utilizada para o armazenamento de longo prazo de dados. É uma memória separada da memória RAM (Random Access Memory) e da Memória de Programa, e é não volátil, ou seja, é uma memória onde os dados continuam gravados mesmo após a remoção da alimentação.

Esta memória pode ser lida ou escrita enquanto o circuito integrado estiver energizado, e é indiretamente endereçada através dos Registradores de Funções Especiais (SFRs), sendo que, no PIC18F4520, quatro SFRs são utilizados para ler e escrever os dados na EEPROM. São eles:

1. EECON1
2. EECON2
3. EEDATA
4. EEADR

Quando a EEPROM realiza a interface com o bloco de memória de dados, o registrador EEDATA possui os dados de leitura/escrita de 8 bits, enquanto o registrador EEADR possui o endereço da EEPROM que está sendo acessado, também de 8 bits, logo, possui uma capacidade de endereçamento de 256 bytes (00h a FFh).

O acesso aos dados da EEPROM é controlado pelos registradores EECON1 e EECON2, que são os mesmos registradores que controlam o acesso à Memória de Programa. A Tabela 1 resume o funcionamento do registrador EECON1.

**Tabela 1 – Registrador EECON1: EEPROM Control Register 1 - 2004**

REGISTER 7-1: EECON1: EEPROM CONTROL REGISTER 1							
R/W-x	R/W-x	U-0	R/W-0	R/W-x	R/W-0	R/S-0	R/S-0
EEPGD	CFGS	—	FREE	WRERR <sup>(1)</sup>	WREN	WR	RD
bit 7				bit 0			

**Legend:**  
R = Readable bit  
-n = Value at POR

S = Settable bit (cannot be cleared in software)  
W = Writable bit  
'1' = Bit is set

U = Unimplemented bit, read as '0'  
'0' = Bit is cleared  
x = Bit is unknown

**Fonte: PIC18F2420/2520/4420/4520 Datasheet (Microchip, 2008).**

Este registrador é o registrador de controle da EEPROM. O funcionamento de cada bit é descrito a seguir:

1. O bit 7 EEPGD (Flash Program or Data EEPROM Memory Select bit) determina se o acesso será à Memória de Programas (bit 1) ou à Memória EEPROM (bit 0). Este bit é de leitura/escrita e possui valor desconhecido no Power On Reset.
2. O bit 6 CFGS (Flash Program/Data EEPROM or Configuration Select bit) determina se o acesso será feito aos registradores de configuração (bit 1) ou será feito à Memória de Programas ou EEPROM (bit 0). Este bit é de leitura/escrita e possui valor desconhecido no Power On Reset.
3. O bit 5 não foi implementado neste registrador.
4. O bit 4 FREE (Flash Row Erase Enable bit) determina se a operação será apenas de escrita (bit 0) ou se irá apagar o vetor da Memória de Programa endereçado pelo TBLPTR no próximo comando WR. Este bit é de leitura/escrita e possui valor zero no Power On Reset, e é zerado quando a operação de apagar é finalizada
5. O bit 3 WRERR é setado no hardware quando o bit WR está setado, e é zerado quando o timer interno de programação expira e a operação de escrita é finalizada. Este bit é de leitura/escrita e possui valor desconhecido no Power On Reset.
6. O bit 2 WREN dá a permissão de operação de escrita (bit set) ou impede a operação de escrita (bit clear) na EEPROM. Este bit é de leitura/escrita e possui valor zero no Power On Reset.
7. O bit 1 WR inicia a operação de escrita. Ele pode ser setado, mas não pode ser zerado pelo software. Apenas pode ser zerado pelo hardware quando a operação de escrita é finalizada. Possui valor zero no Power On Reset.
8. O bit 0 RD inicia a operação de leitura. Ele pode ser setado, mas não pode ser zerado pelo software. Apenas pode ser zerado pelo hardware quando a operação de leitura é finalizada. Possui valor zero no Power On Reset. Além disso, este bit não pode ser setado quando EEPGD = 1, ou seja, quando a Memória de Programa está sendo acessada.

Observação 1: durante operação normal, o bit WRERR pode ser lido como '1'. Isso indica que a operação de escrita foi finalizada prematuramente por um Reset, ou que a operação de escrita foi realizada incorretamente.

Observação 2: o bit de interrupção EEIF (PIR2<4>) é setado quando a operação de escrita é finalizada, e deve ser zerado por software.

Observação 3: o registrador EECON2 não é um registrador físico. Ele é utilizado exclusivamente nas sequencias de escrita da memória e de apagá-la. Na tentativa de leitura do EECON2, serão obtidos dados do tipo 'o'.

A Tabela 2 mostra todos os registradores que estão associados com a Memória EEPROM.

**Tabela 2 – Registrador associados à Memória EEPROM**

TABLE 7-1: REGISTERS ASSOCIATED WITH DATA EEPROM MEMORY									
Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Reset Values on page
INTCON	GIE/GIEH	PEIE/GIEL	TMR0IE	INT0IE	RBIE	TMR0IF	INT0IF	RBIF	49
EEADR	EEPROM Address Register								51
EEDATA	EEPROM Data Register								51
EECON2	EEPROM Control Register 2 (not a physical register)								51
EECON1	EEPGD	CFGS	—	FREE	WRERR	WREN	WR	RD	51
IPR2	OSCFIP	CMIP	—	EEIP	BCLIP	HLVDIP	TMR3IP	CCP2IP	52
PIR2	OSCFIF	CMIF	—	EEIF	BCLIF	HLVDIF	TMR3IF	CCP2IF	52
PIE2	OSCFIE	CMIE	—	EEIE	BCLIE	HLVDIE	TMR3IE	CCP2IE	52

**Legend:** — = unimplemented, read as '0'. Shaded cells are not used during Flash/EEPROM access.

**Fonte:** PIC18F2420/2520/4420/4520 Datasheet (Microchip, 2008).

## 2.2 Leitura dos dados da EEPROM

Para realizar a leitura dos dados da EEPROM, o usuário deve escrever o endereço desejado no registrador EEADR, deve zerar o bit EEPGD (EECON1<7>) e setar o bit RD (EECON1<0>). Desta forma, o dado estará disponível no próximo ciclo de instrução, logo, o registrador EEDATA pode ser lido na próxima instrução. Este registrador de dados irá permanecer com este dado lido até que outra operação de leitura seja realizada ou até que algo seja escrito nele pelo usuário. A Figura 1 demonstra um exemplo de código para realizar esta operação.

**Figura 1 – Exemplo de leitura dos dados da EEPROM****EXAMPLE 7-1: DATA EEPROM READ**

MOVLW	DATA_EE_ADDR	;
MOVWF	EEADR	; Data Memory Address to read
BCF	EECON1, EEPGD	; Point to DATA memory
BCF	EECON1, CFGS	; Access EEPROM
BSF	EECON1, RD	; EEPROM Read
MOVF	EEDATA, W	; W = EEDATA

Fonte: PIC18F2420/2520/4420/4520 Datasheet (Microchip, 2008).

**2.3 Escrita dos dados na EEPROM**

Para realizar uma operação de escrita na EEPROM, primeiramente o endereço deve ser escrito no registrador EEADR e o dado deve ser escrito no registrador EEDATA. Após isso, o bit EEPGD deverá ser zerado, o bit CFGS também deve ser zerado e o bit WREN deve ser setado. Por fim, a seguinte sequência deve ser seguida:

1. Escrever 55h no registrador EECON2
2. Escrever 0AAh no registrador EECON2
3. Setar o bit WR

Esta sequência deve ser seguida para cada byte que for escrito na EEPROM. Note que é altamente recomendado que a interrupção seja desativada durante este seguimento de código. A Figura 2 demonstra um exemplo de código para realizar esta operação.

**Figura 2 – Exemplo de escrita dos dados na EEPROM****EXAMPLE 7-2: DATA EEPROM WRITE**

	MOVLW	DATA_EE_ADDR	;
	MOVWF	EEADR	; Data Memory Address to write
	MOVLW	DATA_EE_DATA	;
	MOVWF	EEDATA	; Data Memory Value to write
	BCF	EECON1, EEPGD	; Point to DATA memory
	BCF	EECON1, CFGS	; Access EEPROM
	BSF	EECON1, WREN	; Enable writes
	BCF	INTCON, GIE	; Disable Interrupts
<b>Required Sequence</b>	MOVLW	55h	;
	MOVWF	EECON2	; Write 55h
	MOVLW	0AAh	;
	MOVWF	EECON2	; Write 0AAh
	BSF	EECON1, WR	; Set WR bit to begin write
	BSF	INTCON, GIE	; Enable Interrupts
			; User code execution
	BCF	EECON1, WREN	; Disable writes on write complete (EEIF set)

Fonte: PIC18F2420/2520/4420/4520 Datasheet (Microchip, 2008).



O bit WREN deve ser setado para prevenir escritas acidentais de dados na EEPROM devido à execução de códigos inesperados. Quando a operação de escrita não estiver sendo realizada, o bit WREN deve ser mantido sempre em zero. Após iniciar a sequência de escrita, os registradores EECON1, EEADR e EEDATA não podem ser modificados. O bit WR será impedido de ser setado a não ser que o WREN já esteja setado, e ambos os bits não podem ser setados com a mesma instrução. Após finalizar cada ciclo, o bit WR é zerado pelo hardware e o sinalizador de interrupção EEIF será setado, que deverá ser zerado por software.

## **2.4 Proteção dos dados escritos**

A EEPROM do PIC18F4520 possui sua própria proteção de código. Leituras e escritas externas são desativadas se esta proteção de código estiver ativada. Porém, o próprio microcontrolador pode escrever ou ler dados internos da EEPROM independentemente do estado do bit de proteção de código.

Há casos que o usuário pode não querer escrever dados à Memória EEPROM. Para protegê-la de dados falsos, o bit WREN é zerado durante o Power-up, logo, durante este período, as escritas à EEPROM são bloqueadas. Além disso, a sequência de escrita já citada e o bit WREN ajudam a proteger escritas acidentais durante brown-out, mal funcionamento do software etc.

A Memória EEPROM deste microcontrolador foi otimizada para armazenar dados que mudam frequentemente. Porém, se os dados armazenados forem raramente modificados, é necessário realizar uma atualização dos dados da memória. Para saber se é necessário, os dados armazenados devem obedecer à especificação D124 mostrada na Tabela 3. A Figura 3 demonstra um exemplo de código para realizar esta operação.

Tabela 3 – Especificações para a memória EEPROM

DC CHARACTERISTICS			Standard Operating Conditions (unless otherwise stated) Operating temperature $-40^{\circ}\text{C} \leq T_A \leq +85^{\circ}\text{C}$ for industrial				
Param No.	Sym	Characteristic	Min	Typ†	Max	Units	Conditions
<b>Data EEPROM Memory</b>							
D120	Ed	Byte Endurance	100K	1M	—	E/W	-40°C to +85°C Using EECON to read/write V <sub>MIN</sub> = Minimum operating voltage
D121	VDRW	V <sub>DD</sub> for Read/Write	V <sub>MIN</sub>	—	5.5	V	
D122	TDEW	Erase/Write Cycle Time	—	4	—	ms	Provided no other specifications are violated -40°C to +85°C
D123	TRETD	Characteristic Retention	40	—	—	Year	
D124	TREF	Number of Total Erase/Write Cycles before Refresh <sup>(1)</sup>	1M	10M	—	E/W	
D125	IDDP	Supply Current during Programming	—	10	—	mA	

Fonte: PIC18F2420/2520/4420/4520 Datasheet (Microchip, 2008).

Figura 3 – Exemplo de atualização dos dados da EEPROM

## EXAMPLE 7-3: DATA EEPROM REFRESH ROUTINE

Loop	CLRF	EEADR	; Start at address 0
	BCF	EECON1, CFGS	; Set for memory
	BCF	EECON1, EEPGD	; Set for Data EEPROM
	BCF	INTCON, GIE	; Disable interrupts
	BSF	EECON1, WREN	; Enable writes
	; Loop to refresh array		
	BSF	EECON1, RD	; Read current address
	MOVLW	55h	;
	MOVWF	EECON2	; Write 55h
	MOVLW	0AAh	;
	MOVWF	EECON2	; Write 0AAh
	BSF	EECON1, WR	; Set WR bit to begin write
	BTFSC	EECON1, WR	; Wait for write to complete
	BRA	\$-2	;
	INCF	EEADR, F	; Increment address
	BRA	LOOP	; Not zero, do it again
	;		
	BCF	EECON1, WREN	; Disable writes
	BSF	INTCON, GIE	; Enable interrupts

Fonte: PIC18F2420/2520/4420/4520 Datasheet (Microchip, 2008).

Por fim, uma boa prática de programação é verificar se o dado escrito na memória é o mesmo que o dado original. Esta prática deve ser realizada em aplicações onde são realizadas operações de escrita excessivas.

### 3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O armazenamento de dados em um microcontrolador pode ser necessário em diversos casos, por exemplo, em um sistema embarcado que precisa armazenar dados como senhas mesmo após o dispositivo ser resetado ou desligado. Ou um sistema que precisa alternar parcialmente o seu código, sendo assim possível

alterar seu código Flash pelo código armazenado na EEPROM. Ou ainda um robô que armazena dados importantes, onde seria necessário realizar o backup destes dados para uma memória não volátil. Para todos estes casos a memória EEPROM pode ser bastante útil, e o entendimento do seu funcionamento e suas configurações é imprescindível para a execução de um projeto confiável e funcional.

#### 4. REFERÊNCIAS

[1] MICROCHIP TECHNOLOGY INC. **PIC18F2420/2520/4420/4520 Datasheet.** 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers with 10-Bit A/D and nanoWatt Technology. 2008.