پروژه‌های پیشرفته

میکروکنترلرهای PIC

به زبان C

مهندس هوار بطحایی

انتشارات پندار پارس

سرشناسه : بطحایی، هوار
عنوان و نام پدیدآور : پروژه‌های پیشرفته میکروکنترلرهای PIC به زبان C/ ترجمه و تالیف هوار بطحایی.
مشخصات نشر : تهران: پندار پارس: مانلی، ۱۳۸۹.
مشخصات ظاهری : ۵۷۶ ص.: مصور، جدول.
شابک : ۱۳۵۰۰۰ ریال: 978-964-2989-48-5
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : کتابنامه .
موضوع : کنترل‌کننده‌های برنامه‌پذیر
موضوع : طراحی منطقی
موضوع : سیستم‌های کنترل رقمی
موضوع : ریزپردازنده‌ها
رده بندی کنگره : TJ۲۲۳/ک۹ب۶ ۱۳۸۹
رده بندی دیویی : ۶۲۹/۸۹۵
شماره کتابشناسی ملی : ۷۳۲۵۲۰۲

انتشارات پندارپارس

دفتر فروش: انقلاب، ابتدای کارگرجنوبی، کوی رشتچی، شماره ۱٤، واحد ۱٦ **www.pendarepars.com**

تلفن: ٦٦٥٧٢٣٣٥ - تلفکس: ٦٦٩٢٦٥٧٨همراه: ۰۹۱۲۲٤٥۲۳٤۸ **info@pendarepars.com**

نام کتاب : **پروژه‌های پیشرفته میکروکنترلرهای PIC به زبان C**

ناشر : **انتشارات پندار پارس ناشر همکار: انتشارات مانلی**

ترجمه و تالیف : **هوار بطحایی**

چاپ اول : **بهار ۸۹**

شمارگان : **۱۰۰۰ نسخه**

طرح جلد : **رامین شکرالهی**

لیتوگرافی، چاپ، صحافی : **ترام‌سنج، فرشیده، نوین‌برتر**

قیمت : **۱۳۵۰۰ تومان به همراه CD** **شابک : ۵- ٤۸-۲۹۸۹-۹٦٤-۹۷۸**

* هرگونه کپی برداری، تکثیر و چاپ کاغذی یا الکترونیکی از این کتاب بدون اجازه ناشر تخلف بوده و پیگرد قانونی دارد*

فهرست

پیش‌گفتار ۱

فصل ۱ سیستم‌های میکروکامپیوتری ۵

مقدمه ۵

سیستم‌های میکروکنترلری ٦

RAM ۹

ROM ۹

PROM ۹

EPROM ۱۰

EEPROM ۱۰

Flash EEPROM ۱۰

مشخصات میکروکنترلرها ۱۱

منبع تغذیه ۱۱

پالس ساعت ۱۱

تایمرها ۱۲

Watchdog ۱۲

ورودی reset ۱۳

وقفه‌ها ۱۳

آشکارساز کاهش جریان برق ۱۳

مبدل آنالوگ به دیجیتال ۱۳

ورودی-خروجی سریال ١٤

حافظه داده EEPROM ١٤

درایور LCD ۱۵

مقایسه گر آنالوگ ۱۵
ساعت rial-time ۱۵
مد Sleep ۱۵
Power-on Reset ۱۶
عملکرد توان کم ۱۶
قابلیت منبع یا مصرف کننده جریان ۱۶
رابط USB ۱۶
رابط کنترل موتور ۱۶
رابط CAN ۱۷
رابط اترنت ۱۷
رابط ZigBee ۱۷
معماری میکروکنترلر ۱۷
RISC و CISC ۱۸
سیستم اعداد ۱۸
سیستم اعداد دسیمال ۱۹
سیستم اعداد باینری ۱۹
سیستم اعداد اکتال ۲۰
سیستم اعداد هگزادسیمال ۲۰
تبدیل اعداد باینری به دسیمال ۲۰
تبدیل اعداد دسیمال به باینری ۲۱
تبدیل اعداد باینری به هگزادسیمال ۲۳
تبدیل اعداد هگزادسیمال به باینری ۲۴
تبدیل اعداد هگزادسیمال به دسیمال ۲۵

تبدیل اعداد دسیمال به هگزادسیمال ۲۶
تبدیل اعداد اکتال به دسیمال ۲۶
تبدیل اعداد دسیمال به اکتال ۲۷
تبدیل اعداد اکتال به باینری ۲۸
تبدیل اعداد باینری به اکتال ۲۹
اعداد منفی ۲۹
جمع اعداد باینری ۳۰
تفریق اعداد باینری ۳۱
ضرب اعداد باینری ۳۲
تقسیم اعداد باینری ۳۳
اعداد اعشاری ۳٤
تبدیل یک عدد اعشاری به دسیمال ۳۵
نرمالیزه کردن اعداد اعشاری ۳٦
تبدیل اعداد دسیمال به اعشاری ۳٦
ضرب و تقسیم اعداد اعشاری ۳۷
اعداد BCD ۳۹
جمع بندی ٤۰
تمرینات ٤۰
فصل۲ مقدمه‌ای بر میکروکنترلرهای PIC ۴۳
میکروکنترلرهای PIC ٤۳
ساختار دستور ۱۲ بیتی ٤۷
PIC12C508 ..... ٤۷
PIC16C5X ٤۸

ساختار دستور ۱٤ بیتی ٤٨
PIC16C554 ..... ٤٩
PIC16F84 ..... ٤٩
PIC16F877 ..... ٥٠
PIC16F627 ..... ٥١
PIC16F676 ..... ٥٢
PIC16F73 ..... ٥٢
ساختار دستور ١٦ بیتی ٥٣
طبقه بندی میکروکنترلرهای PIC ٥٣
جمع بندی ٥٤
تمرینات ٥٥
فصل۳ میکروکنترلرهای سری F18 ..... ۵۷
معماری PIC18FXX2 ..... ٦٠
سازماندهی حافظه برنامه ٦٤
سازماندهی حافظه داده ٦٥
رجیسترهای پیکربندی ٦٧
منبع تغذیه ٧٠
Reset ٧٢
منابع پالس ساعت ٧٣
کریستال یا رزوناتور سرامیکی ٧٣
پالس ساعت خارجی ٧٥
مقاومت/خازن (RC) ٧٦
کریستال یا رزوناتور با PLL ٧٦

پالس ساعت داخلی ۷۷
تعویض منبع پالس ساعت ۷۸
Watchdog Timer ۷۸
پورت‌های I/O موازی ۷۸
PORTA ۷۹
PORTB ۸۱
PORTC، PORTD، PORTE و... ..... ۸۳
تایمرها ۸٦
مد ۱٦ بیتی ۸۹
تایمر ۱ ..... ۹۰
تایمر ۲ ..... ۹۲
تایمر ۳ ..... ۹٤
ماژول‌های Capture / Compare / PWM (CCP) ۹۵
ماژول capture ۹٦
مد compare ۹۸
ماژول PWM ۹۹
ماژول مبدل آنالوگ به دیجیتال (A/D) ۱۰۲
مدل ورودی آنالوگ و زمان محاسبه ۱۰۸
وقفه‌ها ۱۱۰
رجیستر RCON ۱۱۳
فعال یا غیرفعال کردن وقفه‌ها – ساختار بدون اولویت ۱۱۳
فعال یا غیرفعال کردن وقفه‌ها – ساختار با اولویت ۱۱۵
جمع‌بندی ۱۲٤

تمرینات..... ۱۲۵
فصل۴ ابزارهای ساخت پروژه‌های PIC..... ۱۲۷
ابزارهای نرم‌افزاری..... ۱۲۸
ویرایشگرهای متن..... ۱۲۸
کامپایلرها و اسمبلرها ۱۲۸
شبیه‌سازها ۱۲۹
شبیه‌سازهای زبان سطح بالا..... ۱۳۰
IDEها (تجهیزات جامع ساخت) ۱۳۰
ابزارهای سخت‌افزاری ۱۳۰
بردهای آموزشی ۱۳۱
LAB-XUSB Experimenter Board..... ۱۳۱
PICDEM 2 Plus ۱۳۲
PICDEM 4..... ۱۳۳
PICDEM HPC Explorer Board..... ۱۳٤
MK-1 Universal PIC..... ۱۳۵
SSE452 ..... ۱۳٦
SSE8720 ..... ۱۳۷
SSE8680 ..... ۱۳۸
PIC18F4520 Development Kit ۱۳۹
BIGPIC4 Development Kit..... ۱٤۰
FUTURLEC PIC18F458 Training Board..... ۱٤۱
پروگرامرها..... ۱٤۲
پروگرامر Forest Electronics USB..... ۱٤۳

پروگرامر Mach X ۱۴۳
پروگرامر Melabs U2 ..... ۱۴۴
پروگرامر EasyProg PIC ۱۴۴
پروگرامر PIC Prog Plus ۱۴۴
دیباگر داخل مدار ۱۴۵
ICD2 ..... ۱۴۵
ICD-U40 ..... ۱۴۶
PICFlash 2 ..... ۱۴۶
امولاتورهای داخل مدار (in-circuit emulator) ۱۴۷
MPLAB ICE 4000 ..... ۱۴۷
RICE3000 ..... ۱۴۷
ICEPIC 3 ..... ۱۴۸
PICE-MC ۱۴۸
breakboard ۱۴۹
جمع‌بندی ۱۵۰
تمرینات ۱۵۱
فصل۵ محیط برنامه‌نویسی MIKROC ۱۵۳
بخش بالا-چپ (Code Explorer) ۱۵۴
بخش پایین-چپ (Project Setup) ۱۵۵
بخش وسط (Code Editor) ۱۵۶
بخش پایینی (Message Window) ۱۵۸
ساخت و کامپایل یک پروژه جدید ۱۵۸
استفاده از شبیه ساز ۱۶۵

جمع بندی ۱۷۲
فصل۶ برنامه نویسی C ۱۷۳
ساختار یک برنامه در mikroC ۱۷٤
کامنت ۱۷۵
آغاز و خاتمه برنامه ۱۷۵
خاتمه دهنده عبارات ۱۷۵
فضاهای خالی ۱۷٦
حروف کوچک و بزرگ ۱۷٦
نام متغیرها ۱۷۷
انواع متغیرها ۱۷۷
(unsigned) char یا unsigned short (int) ۱۷۸
ثابت‌ها ۱۸۰
ثابت‌های اعداد صحیح ۱۸۰
ثابت‌های اعشاری ۱۸۱
ثابت کاراکتری ۱۸۲
ثابت‌های رشته‌ای ۱۸۲
ثابت‌های آرایه‌ای ۱۸۲
Escape Sequence ۱۸۲
متغیرهای ایستا ۱۸۳
متغیرهای خارجی ۱۸۳
متغیرهای فرّار ۱۸۳
متغیرهای شمرده (enumerated) ۱۸٤
آرایه‌ها ۱۸۵

اشاره‌گرها ۱۸٦
اشاره‌گرهای آرایه ۱۸۷
ساختارها ۱۸۸
یونیون‌ها ۱۹۲
عملگرها در C ۱۹۳
عملگرهای ریاضی ۱۹٤
عملگرهای نسبی ۱۹٥
عملگرهای منطقی ۱۹٦
عملگرهای بیتی ۱۹۷
عملگرهای انتقالی ۱۹۹
عملگرهای شرطی ۲۰۰
عملگرهای پیش پردازنده ۲۰۰
تغییر روند اجرای برنامه ۲۰۳
دستورات انتخاب ۲۰٤
دستورات تکرار ۲۰۸
حلقه for: ۲۰۹
حلقه while: ۲۱۱
حلقه do: ۲۱۳
تغییرات غیر مشروط در روند اجرای برنامه ۲۱٤
استفاده از اسمبلی در برنامه mikroC ۲۱٦
برنامه‌ریزی پورت‌های ورودی/خروجی میکروکنترلر PIC ۲۱۸
مثال‌های برنامه نویسی ۲۱۸
جمع بندی ۲۲۳

تمرینات..... ۲۲٤
فصل۷ توابع و کتابخانه‌های MIKROC ۲۲۷
توابع در mikroC..... ۲۲۷
پیش تعریف تابع ۲۳۳
استفاده از آرایه‌ها در توابع ۲۳٤
استفاده از متغیرها در توابع با استفاده از مرجع..... ۲۳۷
استفاده از متغیرهای اضافه به تعداد دلخواه در تابع..... ۲۳۹
فراخوانی مضاعف تابع ۲٤۰
متغیرهای ثابت (static) تابع..... ۲٤۰
توابع داخلی mikroC ۲٤۱
توابع کتابخانه‌ای mikroC..... ۲٤٥
کتابخانه EEPROM..... ۲٤٥
کتابخانه LCD..... ۲٤۸
کنترلر LCD تراشه HD44780..... ۲٤۸
Lcd_Config..... ۲٥۰
Lcd_Init..... ۲٥۱
Lcd_Out..... ۲٥۱
Lcd_Out_Cp..... ۲٥۱
Lcd_Chr..... ۲٥۱
Lcd_Chr_Cp..... ۲٥۲
Lcd_Cmd..... ۲٥۲
کتابخانه UART نرم افزاری..... ۲٥٤
Soft_Uart_Init..... ۲٥٥

Soft_Uart_Read ۲۵۶
Soft_Uart_Write ۲۵۶
کتابخانه USART سخت افزاری ۲۵۸
Usart_Init ۲۵۹
Usart_Data_Ready ۲۵۹
Usart_Read ۲۵۹
Usart_Write ۲۵۹
کتابخانه صدا ۲۶۲
Sound_Init ۲۶۲
Sound_Play ۲۶۲
کتابخانه ANSI C ۲۶۳
کتابخانه Ctype ۲۶۳
کتابخانه Math ۲۶۴
کتابخانه Stdlib ۲۶۵
کتابخانه String ۲۶۶
کتابخانه Miscellaneous ۲۶۷
جمع‌بندی ۲۷۲
تمرینات ۲۷۳
فصل ۸ پروژه‌های ساده‌ی PIC ۲۷۵
زبان توصیفی برنامه (PDL) ۲۷۶
START – END ۲۷۶
ترتیب (Sequencing) ۲۷۷
IF-THEN-ELSE-ENDIF ۲۷۷

DO-ENDDO ۲۷۸
REPEAT-UNTIL ۲۷۹
پروژه ۸-۱ : LEDهای چرخشی ۲۷۹
حالت منبع جریان ۲۸۰
سخت‌افزار پروژه ۲۸۱
PDL پروژه ۲۸۲
برنامه پروژه ۲۸۲
توسعه برنامه ۲۸۳
پروژه ۸-۲: تاس الکترونیکی با LED ۲۸۳
توصیف پروژه ۲۸۳
سخت‌افزار پروژه ۲۸٤
PDL پروژه ۲۸٤
برنامه پروژه ۲۸٦
استفاده از یک عدد شبه تصادفی ۲۸٦
پروژه ۸-۳: دو تاس با LED ۲۸۹
توصیف پروژه: ۲۸۹
سخت‌افزار پروژه: ۲۸۹
PDL پروژه: ۲۹۰
برنامه پروژه: ۲۹۱
پروژه ۸-٤: دو تاس با استفاده از I/O های کمتر ۲۹۲
توصیف پروژه: ۲۹۲
سخت افزار پروژه: ۲۹۳
PDL پروژه : ۲۹٦

برنامه پروژه: ۲۹۷
برنامه اصلاح شده: ۲۹۷
پروژه ۸-۵: شمارنده با سون سگمنت(7-segment) ۳۰۱
توصیف پروژه: ۳۰۱
سخت‌افزار پروژه: ۳۰۳
PDL پروژه: ۳۰٤
برنامه اصلاح شده: ۳۰٦
پروژه ۸-٦:سون سگمنت دو رقمی ۳۰۷
توصیف پروژه: ۳۰۷
سخت‌افزار پروژه: ۳۰۹
PDL پروژه: ۳۱۰
برنامه پروژه: ۳۱۱
پروژه ۸-۷: شمارنده دو رقمی با وقفه تایمر ۳۱۲
توصیف پروژه: ۳۱۲
سخت‌افزار پروژه: ۳۱۵
PDL پروژه: ۳۱۵
برنامه پروژه: ۳۱۵
اصلاح برنامه: ۳۱٦
پروژه ۸-۸: ولت‌متر با نمایشگر LCD ۳۲۰
توصیف پروژه: ۳۲۰
LCD HD44780 ..... ۳۲۰
ارتباط با LCD ۳۲۲
سخت‌افزار پروژه ۳۲۳

PDL پروژه ۳۲٤
برنامه پروژه ۳۲٤
یک نمایش دقیق‌تر ۳۲٦
پروژه ۸-۹: ماشین حساب با صفحه کلید و LCD ۳۲۹
توصیف پروژه: ۳۲۹
سخت‌افزار پروژه ۳۳۰
PDL پروژه ۳۳۱
برنامه پروژه ۳۳۱
برنامه‌ای با استفاده از یک تابع کتابخانه‌ای برای صفحه کلید ۳۳٦
پروژه ۸-۱۰: ماشین‌حساب با ارتباط سریالس ۳۳۹
توصیف پروژه ۳۳۹
سخت‌افزار پروژه ۳٤۲
PDL پروژه ۳٤۲
برنامه پروژه ۳٤۳
راه اندازی برنامه ۳٤۸
ارتباط سریال نرم‌افزاری ۳٤۹
فصل۹ پروژه‌های پیشرفته PIC – ذخیره داده در کارت حافظه SD ۳۵۳
مقدمه ۳۵۳
کارت حافظه SD ۳۵۳
باس SPI ۳۵٦
عملکرد کارت SD در مد SPI ۳۵۸
خواندن داده ۳٦۲
نوشتن داده ۳٦۲

پارامترهای اندازه کارت ۳٦۳
توابع کتابخانه کارت SD در mikroC ۳٦٥
پروژه ۹-۱: خواندن رجیستر CID و نمایش آن در کامپیوتر (PC) ۳٦٦
پروژه ۹-۲: خواندن و نوشتن در بخش‌های (sector) کارت SD ۳۷۱
پروژه ۹-۳: استفاده از سیستم فایل (filing) کارت SD ۳۷۳
پروژه ۹-٤: ثبت کننده دما ۳۷٦
Newline ۳۷۷
Text_To_Usart ۳۷۷
Get_Temperature ۳۷۷
فصل ۱۰ پروژه‌های پیشرفته PIC – ارتباط از طریق USB ۳۸۷
مقدمه ۳۸۷
شناسایی سرعت در باس ۳۹۱
وضعیت‌های USB ۳۹۱
ارتباطات روی باس USB ۳۹۲
پاکت‌ها ۳۹۳
انواع جریان داده ۳۹٤
تعیین شماره (enumeration) ۳۹٥
توصیف‌گر (descriptor) ۳۹٦
توصیف‌گرهای دستگاه ۳۹۷
توصیف‌گرهای پیکربندی ۳۹۹
توصیف‌گرهای رابط (interface) ٤۰۱
توصیف‌گرهای HID ٤۰۳
توصیف‌گرهای endpoint ٤۰٤

رابط باس USB میکروکنترلر PIC18 ..... ٤٠٦
توابع کتابخانه USB در mikroC ٤٠٧
پروژه ۱۰-۱: پورت خروجی USB ٤٠٨
نرم افزار PC ٤١٠
نرم افزار میکروکنترلر ٤١٦
ساخت فایل توصیف‌گر USB ٤١٦
پالس ساعت میکروکنترلر ٤٢٣
راه اندازی پروژه ٤٢٨
استفاده از یک آنالایزر پروتکل USB ٤٣٠
UVCView ٤٣٠
USBTrace ٤٣١
استفاده از HID Terminal در mikroC ٤٣٤
پروژه ۱۰-۲: پورت ورودی/خروجی USB ٤٣٥
راه اندازی پروژه ٤٣٦
پروژه ۱۰-۳: نمایشگر فشار هوا ٤٤٢
فصل ۱۱ پروژه‌های پیشرفته CAN BUS – PIC ۴۵۱
بسته داده ٤٥٨
(Start of Frame) SOF ٤٥٩
بخش اولویت‌بندی ٤٥٩
بخش کنترل ٤٦٠
بخش داده ٤٦١
بخش CRC ٤٦١
بخش ACK ٤٦١

بسته ریموت ٤٦١
بسته خطا ٤٦١
بسته اضافه بار ٤٦٢
Bit Stuffing ٤٦٢
انواع خطاها ٤٦٢
زمان‌بندی بیتی نامی ٤٦٣
رابط CAN در میکروکنترلر PIC ٤٦٥
میکروکنترلر PIC18F258 ..... ٤٦٧
مد پیکربندی ٤٦٩
مد غیرفعال ٤٦٩
مد عملکرد نرمال ٤٦٩
مد شنود ٤٦٩
مد loop-back ٤٧٠
مد شناسایی خطا ٤٧٠
ارسال پیام CAN ٤٧٠
دریافت پیام CAN ٤٧٠
محاسبه پارامترهای زمان‌بندی ٤٧٢
توابع CAN در mikroC ٤٧٥
CANSetOperationMode ٤٧٥
CANGetOperationMode ٤٧٦
CANInitialize ٤٧٦
CANSetBaudRate ٤٧٧
CANSetMask ٤٧٨

CANSetFilter ٤٧٨
CANRead ٤٧٩
CANWrite ٤٧٩
برنامه نویسی CAN Bus ٤٨٠
پروژه ۱۱-۱: خواندن دما و ارسال از طریق CAN Bus ٤٨٠
مدار نمایشگر ٤٨٢
مدار جمع کننده ٤٨٢
برنامه نمایش‌گر ٤٨٢
برنامه جمع‌کننده ٤٨٩
فصل۱۲ سیستم‌عامل‌های MULTI-TASKING و REAL-TIME ۴۹۱
ماشین عبارت (state machines) ٤٩٢
سیستم عامل Real-Time (RTOS) ٤٩٤
برنامه‌ریز ٤٩٥
سرویس‌های RTOS ٤٩٧
ابزارهای پیام‌رسانی و سنکرون‌سازی ٤٩٨
RTOS در کامپایلر CCS PIC C ٤٩٨
آماده‌سازی برای RTOS ٥٠٠
تعریف یک وظیفه ٥٠٠
پروژه ۱۲-۱: LEDها ٥٠١
پروژه ۱۲-۲: مولد عدد تصادفی ٥٠٤
پروژه ۱۲-۳: ولت‌متر با خروجی سریال RS232 ..... ٥٠٨
استفاده از Semaphore ٥١٢
پیوست الف شبیه‌سازی سیستم‌های میکروکنترلری با PROTEUS ۵۱۵

مدار پایه ۵۱۷
رسم مدار ۵۱۸
شبیه‌سازی مدار ۵۲۰
کد برنامه ۵۲۱
کد ماشین hex ۵۲۲
اجرای شبیه‌سازی ۵۲۲
دیباگ نرم افزار ۵۲۲
پنجره دیباگ کد برنامه ۵۲۳
تست سخت‌افزار ۵۲٤
ابزارهای سنجش ۵۲٤
اسیلوسکوپ ۵۲٤
آنالایزر منطقی ۵۲۵
گراف‌ها ۵۲۷

پیوست ب راهنمای گام به گام ساخت یک پروژه جدید ۵۲۹

پیوست ج چند مدار کاربردی در سیستم‌های میکروکنترلری ۵۳۷

پیوست د مجموعه دستورات اسمبلی PIC18F ۵۴۱

پیوست ه لیست پروژه‌های CD ۵۴۳

پیوست و – جدول مقایسه میکروکنترلرهای PIC8 ..... ۵۵۱

پیوست ز – منابع و مآخذ ۵۵۲

پیش‌گفتار

میکروکنترلر یک سیستم میکروپروسسوری است که دارای حافظه داده‌ای و برنامه، ورودی/خروجی سریال و موازی، تایمر، و وقفه‌های داخلی و خارجی است و می‌توان آن را به صورت یک تراشه‌ی یکپارچه با قیمت کم تهیه کرد. در حدود ۴۰ درصد کاربردهای میکروکنترلرها را می‌توان در تجهیزات دفاتر، نظیر کامپیوترهای شخصی، پرینترهای لیزری، ماشین‌های فکس، و تلفن‌های هوشمند مشاهده کرد. حدود یک سوم میکروکنترلرها در محصولات الکترونیک موجود در بازار به چشم می‌خورد. محصولاتی مانند پخش‌کننده‌هایCD، تجهیزات Hi-Fi، بازی‌های الکترونیکی، دستگاه‌های شستشو، و دستگاه‌های الکترونیکی آشپزی نیز جزو این دسته قرار می‌گیرند. ارتباطات، اتوماسیون، و ارتش نیز بقیه کاربردها را به خود اختصاص داده‌اند.

این کتاب برای دانشجویانی که می‌خواهند دانش خود را افزایش دهند و مهندسانی که قصد ارتقاء توانایی خود را دارند و همچنین افرادی که جهت علاقه شخصی، می‌خواهند در مورد میکروکنترل‌های سری ۱۶ و ۱۸ بیشتر بدانند، مناسب است. در این کتاب فرض بر این است که خواننده اطلاعات کافی پیرامون مدارهای منطقی و دیجیتال را داراست و در این مورد، دوره‌ای را گذرانده و یا کتابی را در این خصوص مطالعه کرده است. اما در غیر این صورت می‌توان از منابع موجود در CD کتاب و سایت مؤلف (http://www.havar.ir) استفاده نمود. آشنایی با زبان برنامه‌نویسی C و آشنایی با یکی از میکروکنترلرهای PIC و AVR نیز سودمند خواهد بود. نیازی به دانستن زبان اسمبلی نیست زیرا ما در این کتاب با زبان C کار خواهیم کرد. با این وجود می‌توان از پیوست کتاب برای یادگیری زبان اسمبلی استفاده کرد. تمرکز ما در این کتاب بر روی میکروکنترلرهای PIC18F به سبب توانایی بالای آنهاست، اما نگاهی نیز به میکروکنترلرهای PIC16F که قدیمی‌تر و ارزان‌تر هستند خواهیم داشت. این دو سری، تفاوت‌های کمی دارند بنابراین ما بجای پرداختن به هر دو میکروکنترلر، تنها به PIC18F می‌پردازیم تا در وقت شما و هزینه کتاب صرفه‌جویی کرده باشیم اما در صورت نیاز به استفاده از سری PIC16 یا سری‌های دیگر میکروکنترلر PIC، می‌توانید با کمک دیتاشیت مربوطه، بخوبی از آن استفاده کنید، البته در صورتی که مطالب کتاب را به خوبی آموخته باشید!

در فصل ۱ مشخصه‌های اصلی میکروکنترلرها را بررسی کرده و با مبناهای اعداد آشنا شده و تبدیل آنها را خواهیم آموخت.

در فصل ۲ مقدمه‌ای در مورد میکروکنترلرهای PIC بیان خواهیم کرد و پس از آن به بررسی اجمالی انواع این میکروکنترلرها می‌پردازیم.

در فصل ۳ میکروکنترلرهای سری PIC18F را بررسی خواهیم کرد، مشخصات مختلف آن را با جزییات بیان خواهیم کرد و بصورت مقایسه‌ای میکروکنترلرهای سری PIC16F را بررسی می‌کنیم.

در فصل ۴ با ابزارهای ساخت پروژه‌های میکروکنترلری آشنا خواهید شد تا بتوانید در پروژه‌های تمرینی فصل-های بعد، از آنها استفاده کنید. در این فصل برخی ابزارهای سخت افزاری و نرم افزاری پرکاربرد در

میکروکنترلرهای PIC را معرفی می‌کنیم. ابزارهایی مانند شبیه‌سازها، امولاتورها، برنامه‌های دیباگ (عیب یابی) و...را به همراه مثال‌هایی معرفی خواهیم کرد. همچنین این ابزارها درCD کتاب در اختیار شما قرار داده شده‌اند.

در فصل ۵ به صورت مختصر با محیط کامپایلر mikroC و امکانات آن آشنا شده و اولین پروژه میکروکنترلر PIC خود را خواهید ساخت.

در فصل ۶ به صورت مختصر زبان C را خواهید آموخت و با برنامه نویسی در کمپایلر mikroC بیشتر آشنا خواهید شد.

در فصل ۷ با مشخصات پیشرفته mikroC آشنا خواهید شد. در این فصل، موضوعاتی مانند توابع داخلی و کتابخانه‌ها به تفصیل به همراه مثال بیان خواهند شد.

در فصل ۸ چندین پروژه ساده اما پرکاربرد را با استفاده از میکروکنترلرهای سری PIC18F و PIC16F با کمپایلر mikroC و با جزئیات کامل بررسی خواهیم کرد. همه این پروژه‌ها تست شده‌اند و فایل آنها در CD همراه کتاب در اختیار شما قرار داده شده است. این فصل برای تازه کارهایی که قصد یادگیری میکروکنترلرها به خصوص PIC را دارند و کسانی که قصد دارند دانش خود را در زمینه میکروکنترلرهای سری PIC18F و PIC16F و برنامه نویسی با mikroC افزایش دهند مناسب است.

در فصل ۹ استفاده از کارت‌های حافظه SD در پروژه‌های میکروکنترلر را خواهیم آموخت. تئوری این کارت‌ها را در مثال‌های واقعی بیان می‌کنیم، در پایان این فصل قادر خواهید بود به خوبی از یک کارت SD در پروژه خود استفاده کنید.

در فصل ۱۰ به بررسی پورت USB مشهور می‌پردازیم، تئوری بنیادی این سیستم را با پروژه‌های کاربردی بیان می‌کنیم؛ پروژه‌هایی که نشان می‌دهد چگونه یک سیستم با هسته PIC از طریق USB با کامپیوتر ارتباط برقرار می‌کند.

در فصل ۱۱ به بررسی مختصر CAN bus پرداخته و همچنین طراحی پروژه‌های میکروکنترلر PIC با رابط CAN bus را شرح خواهیم داد.

در فصل ۱۲ به بررسی سیستم عامل real-time یا RTOS (real-time operating system) و سیستم-های چند وظیفه‌ای یا multi-tasking می‌پردازیم. اصول پایه سیستم‌های RTOS تشریح و کاربردهای ساده multi-tasking ارائه می‌شود.

CD همراه این کتاب شامل کد برنامه و فایل HEX همه پروژه‌های ارائه شده در کتاب به همراه صدها پروژه دیگر است که می‌توانید از آنها برای یادگیری بهتر استفاده کنید. همچنین برنامه‌های مورد نیاز برای کار با میکروکنترلرهای PIC در این CD در اختیار شما قرار گرفته است. همچنین در این CD تعدادی کتاب

الکترونیک برای یادگیری مطالب پیش‌نیاز قرار داده شده است تا چنانچه نیاز داشتید بتوانید به آنها مراجعه نمایید. دیتاشیت‌ها و راهنماهای تراشه‌ها، نرم افزارها و... را نیز در این CD خواهید یافت.

برای دریافت اطلاعات بیشتر در مورد مدارهای میکروکامپیوتری، PICها، AVRها و... و همچنین راهنمایی در مورد مطالب کتاب و مطالب دیگر می‌توانید به سایت مؤلف (http://www.havar.ir) مراجعه نمایید. در این سایت می‌توانید به منابع زیادی از مدارهای و اطلاعات الکترونیک دسترسی پیدا کنید. در صورتی که پرسشی در زمینه مطالب این کتاب دارید و یا در پروژه خود به مشکلی برخورد کرده‌اید و یا انتقاد و پیشنهادی در مورد این کتاب دارید لطفا به صفحه اختصاصی این کتاب در سایت http://www.havar.ir مراجعه فرمایید.

در پایان از استاد ارجمند آقای دکتر دگان ابراهیم، استاد دانشگاه Near East، و همچنین آقایان جی اسمیت و دی جاسیو برای مطالب گران‌بهایشان در زمینه میکروکنترلرهای PIC که به فراوانی در این کتاب استفاده شده است و همچنین راهنمایی‌های ایشان سپاسگزارم. از تمامی دوستانی که از مدارها و مطالب سایت ایشان در این کتاب استفاده شده نیز سپاسگزارم. آدرس این سایت‌ها در صفحه منابع و مأخذ ذکر شده است. آدرس سایر سایت‌های فارسی و انگلیسی در رابطه با میکروکنترلرها و مدارهای الکترونیک را می‌توانید در سایت مؤلف بیابید.

از همکاران ارجمند شرکت آلتون آسا الکترونیک برای کمک‌های همه جانبه ایشان نهایت قدردانی را دارم.

بطحایی

بهار ۸۹

فصل ۱

سیستم‌های میکروکامپیوتری

مقدمه

واژه‌ی میکرو کامپیوتر (microcomputer) برای سیستمی استفاده می‌شود که حداقل دارای یک ریزپردازنده (microprocessor)، حافظه برنامه، حافظه داده، و یک ابزار ورودی-خروجی (I/O) باشد. برخی میکروکامپیوترها دارای اجزاء دیگری مانند تایمر، کانتر، و مبدل آنالوگ به دیجیتال نیز هستند. از این رو، یک میکروکامپیوتر می‌تواند هر چیزی از یک کامپیوتر بزرگِ دارای دیسک‌های سخت، دیسک‌های فلاپی، و پرینتر گرفته تا یک کنترلر تک تراشه‌ای باشد. شاید به نظر برسد یک سیستم کامپیوتری (مانند کامپیوتر شخصی یا PC که امروزه در همه منازل وجود دارد) پیچیده‌تر از یک سیستم میکروکامپیوتری باشد اما لزوما چنین نیست. گاهی سیستم‌های میکروکامپیوتری بسیار پیچیده‌تر و حتی گران‌تر از کامپیوترهای شخصی هستند، و گاهی طراحی یک سیستم میکروکامپیوتری بسیار سخت‌تر از طراحی کامپیوترهای بزرگ است. میکروکامپیوترهایی مانند ماشین‌های حساب یا ساعت‌های مچی دارای ساختار بسیار ساده‌ای می‌باشد اما میکروکامپیوترهایی که در PDAها استفاده می‌شود چیزی از یک کامپیوتر شخصی کم ندارد. میکروکامپیوترها (و طراحی سیستم‌های آنها) را دست کم نگیرید. **در برخی ماهواره‌های ساخت ایران و سایر نقاط جهان از سیستم‌های میکروکامپیوتری با هسته PIC استفاده شده است.**

در این کتاب تنها بر روی میکروکامپیوترهای متشکل از یک تراشه سیلیکون تمرکز داریم. چنین سیستم‌های میکروکامپیوتری، میکروکنترلر نیز نامیده می‌شود و در بسیاری از وسائل خانگی مانند مایکروفرها، کنترل‌های تلویزیون، تجهیزات Hi-Fi، پخش کننده‌های CD، کامپیوترهای شخصی، و یخچال‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. میکروکنترلرهای زیادی در فروشگاه‌های قطعات الکترونیک موجود است. در این کتاب ما به دنبال برنامه‌ریزی و طراحی سیستم‌هایی با میکروکنترلرهای سری PIC (Programmable Interface Controller) ساخته شده توسط Microchip Technology Inc هستیم.

سیستم‌های میکروکنترلری

میکروکنترلر (microcontroller) یک کامپیوتر تک تراشه‌ای است. کلمه میکرو (micro) به کوچک بودن ابزار اشاره دارد، و کلمه کنترلر (controller) به این اشاره دارد که برای کنترل کردن از آن استفاده می‌شود. واژه دیگری که برای میکروکنترلرها استفاده می‌شود کنترلر جاسازی شده (embedded controller) است، زیرا اغلب میکروکنترلرها در ابزارهایی که کنترل می‌کنند جاسازی می‌شود.

یک میکروپروسسور در چند مورد با یک میکروکنترلر تفاوت دارد. تفاوت اصلی این دو در این است که یک میکروپروسسور برای عملکرد خود نیازمند چندین ابزار دیگر مثل حافظه برنامه، حافظه داده، ابزارهای ورودی خروجی، و یک مدار پالس ساعت (clock) خارجی است. از سوی دیگر، یک میکروکنترلر همه این ابزارها را در داخل تراشه خود دارد. همه میکروکنترلرها بر اساس مجموعه‌ای از دستورالعمل‌ها (یا برنامه کاربر) که در حافظه آنها ذخیره شده است عمل می‌کنند. یک میکروکنترلر یکی یکی دستورالعمل‌ها را از حافظه برنامه واکشی (fetch) کرده، آنها را کدبرداری (decode)، و عملیات خواسته شده را اجرا می‌کند.

میکروکنترلرها پیش‌تر تنها با زبان اسمبلی برنامه‌ریزی می‌شدند. زبان اسمبلی سریع است اما معایبی نیز دارد. درک یک برنامه نوشته شده به زبان اسمبلی و نگهداری از آن کار دشواری است. علاوه بر این، میکروکنترلرهای ساخته شده توسط سازندگان متفاوت، دارای زبان اسمبلی متفاوتی هستند، بنابراین کاربر باید برای هر میکروکنترلر جدید زبان اسمبلی جدیدی را یاد بگیرد.

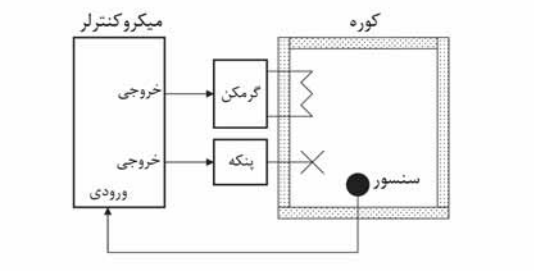
امروزه بیشتر میکروکنترلرها با زبان‌های سطح بالا مانند BASIC، PASCAL یا C نیز قابل برنامه‌ریزی است. یادگیری زبان‌های سطح بالا بسیار ساده‌تر از زبان‌های اسمبلی است. همچنین این زبان‌ها ساخت برنامه‌های بزرگ و پیچیده را نیز آسان می‌کند. در این کتاب ما به یادگیری برنامه‌ریزی میکروکنترلرهای PIC با استفاده از زبان مشهور C و کمپایلر mikroC ساخته شده توسط mikroElektronika خواهیم پرداخت. این نرم افزار دارای امکانات زیادی است، و کار با آن بسیار ساده و لذت بخش خواهد بود.

در تئوری، یک تراشه به تنهایی برای راه اندازی یک سیستم میکروکنترلری کافیست. اما در کاربردهای عملی، ممکن است نیازمند اضافه کردن ابزارهای دیگری باشیم تا میکروکنترلر بتواند با محیط خود ارتباطی پایدار داشته باشد. با ظهور خانواده PIC به دنیای الکترونیک، زمان پیاده سازی یک پروژه الکترونیک به کمتر از چندین ساعت تقلیل یافته است.

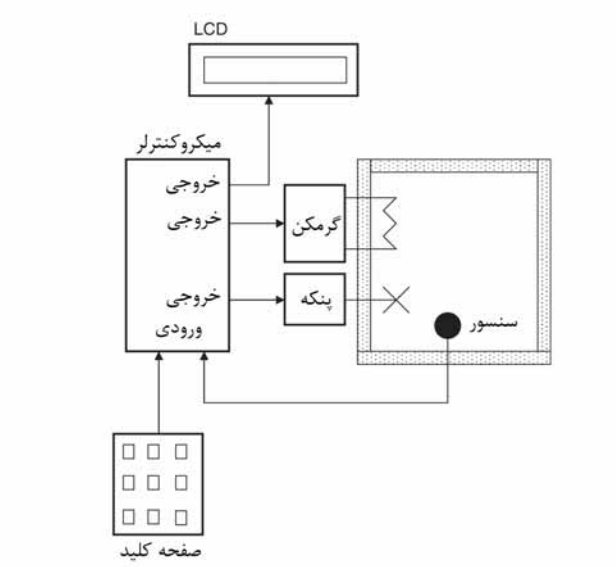
اساساً یک میکروکنترلر، برنامه کاربر که در حافظه برنامه آن ریخته شده را اجرا می‌کند. زیر نظر این برنامه، داده از ابزارهای خارجی (ورودی‌ها) دریافت شده و پس از دستکاری به ابزارهای خارجی (خروجی‌ها) ارسال می‌شود. برای مثال، در یک سیستم تنظیم دمای یک کوره، میکروکنترلر با استفاده از یک سنسور، دمای کوره را خوانده و

گرم کن یا فن را روشن می‌کند تا دما را در حد تعیین شده نگه دارد. شکل ۱-۱ نمودار ساده‌ای از یک سیستم تنظیم دمای کوره را نشان می‌دهد.

سیستم نمایش داده شده در شکل ۱-۱ بسیار ساده است. یک سیستم کمی پیچیده‌تر ممکن است شامل یک صفحه کلید برای کنترل دما و یک LCD برای نمایش دما نیز باشد. شکل ۱-۲ نمودار این سیستم را نشان می‌دهد.



شکل ۱-۱: سیستم کنترل دمای کوره با هسته میکروکنترلری



شکل ۱-۲: سیستم کنترل دما با یک صفحه کلید و LCD

با اضافه کردن یک آلارم که در صورت خارج شدن دما از محدوده تعیین شده فعال شود، می‌توان طراحی خود را پیچیده‌تر ساخت (شکل ۱-۳ را ببینید). همچنین می‌توان دمای خوانده شده را برای بایگانی و تحلیل بیشتر، به یک کامپیوتر ارسال کرد. برای مثال، یک گراف از دمای روزانه می‌تواند در کامپیوتر نمایش داده شود. همان‌گونه