

به نام خدا



مبانی میکروکنترلرهای

AVR

مؤلف

مصطفی نوحی

هرگونه چاپ و تکثیر از محتویات این کتاب بدون اجازه کتبی
ناشر ممنوع است. متخلفان به موجب قانون حمایت حقوق
مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می گیرند.

مبانی میکروکنترلرهای AVR

مؤلف: مصطفی نوحی

ناشر: مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران

صفحه آرای: شبنم هاشم زاده

طرح روی جلد: داریوش فرسای

چاپ: درج عقیق

نوبت چاپ: سوم

تاریخ نشر: ۱۳۹۸

تیراژ: ۵۰ جلد

قیمت: ۱۴۰۰۰۰ ریال

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۴-۶۷۱-۵

نشانی واحد فروش: تهران، میدان انقلاب،

خ کارگر جنوبی، روبروی پاساژ مهستان،

پلاک ۱۲۵۱

تلفن: ۲۲۰۸۵۱۱۱-۶۶۴۱۰۰۴۶

کد پستی: ۱۳۱۴۹۸۳۱۸۵

فروشگاههای اینترنتی:

www.mftbook.ir

www.dibagaran-tehran.com

نشانی تلگرام: @mftbook

نشانی اینستاگرام: Dibagaran_publishing

پست الکترونیکی: bookmark@mftmail.com

سرشناسه: نوحی، مصطفی، ۱۳۷۵-

عنوان و نام پدید آور: مبانی میکروکنترلرهای AVR / مؤلف:
مصطفی نوحی.

مشخصات نشر: تهران- دیباگران تهران- ۱۳۹۶

مشخصات ظاهری: ۵۱۰ ص. مصور.

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۱۲۴-۶۷۱-۵

وضعیت فهرست نویسی: فیا

موضوع: میکروکنترلر ا. وی. آر. اتمل

موضوع: Atmel AVR microcontroller

موضوع: کنترل کننده های برنامه پذیر

موضوع: Programmable controllers

موضوع: ریز پردازنده ها

موضوع: Microprocessors

موضوع: سیستم های کامپیوتری درونه ای - طرح و ساختمان

موضوع: Embedded computer systems- design and construction

رده بندی کنگره: ۸۴ ۱۳۹۶ ن ۹ ک ۲۲۳ TJ

رده بندی دیویی: ۶۲۹/۸۹۵

شماره کتابشناسی ملی: ۴۸۴۳۸۴۹

فهرست مطالب

فصل اول	۱۷
آشنایی با ساختار میکروکنترلرها	۱۷
میکروپروسسور (Microprocessor)	۱۸
میکرو کامپیوتر (Microcomputer)	۱۸
میکروکنترلر (Microcontroller)	۱۸
انواع میکروکنترلرها	۱۹
میکروکنترلرهای AVR	۲۰
آشنایی مختصر و مفید با خانواده های میکروکنترلر AVR	۲۱
ساختمان میکروکنترلر AVR	۲۲
معماری میکروکنترلر ها	۲۲
انواع حافظه ها	۲۳
حافظه های داخلی میکروکنترلر AVR	۲۵
واحد های حافظه	۲۶
ساختار میکروکنترلرهای AVR	۲۸
مقایسه تعدادی از میکروکنترلرهای AVR	۲۹
میکروکنترلر ATmega۳۲	۲۹
خصوصیت های ATmega ۳۲	۳۰
بلوک دیاگرام داخلی میکروکنترلر ATmega۳۲	۳۲
ثبات (Register)	۳۳

۳۳	رجیستر های همه منظوره
۳۳	واحد ALU
۳۴	Sleep
۳۵	بررسی پایه های ATmega۳۲
۴۱	نمونه هایی از مدار رگولاتور ۵ ولت
۴۳	بلوک دیاگرام واحد ریست AVR
۴۳	منابع Reset (بازنشانی) در AVR
۴۹	رجیستر MCUCSR
۵۰	رجیستر WDTCSR
۵۱	پایه های XTAL _۱ و XTAL _۲
۵۲	سیستم توزیع پالس ساعت در AVR
۵۶	فرکانس داخلی سیستم
۵۶	سرعت اجرای دستورات
۵۶	محاسبه سیکل ماشین
۵۶	رجیستر SREG (رجیستر وضعیت Status Register)
۵۹	فصل دوم
۵۹	الگوریتم و فلوچارت
۶۰	الگوریتم
۶۱	روش های بیان الگوریتم
۶۲	فلوچارت
۶۷	فصل سوم
۶۷	برنامه نویسی به زبان C
۶۸	جدول طبقه بندی سطوح زبان های برنامه نویسی
۶۹	ویژگی های زبان C

۶۹	جدول کلمات کلیدی در زبان C
۷۰	کامپایلر
۷۰	انواع داده‌ها
۷۱	جدول انواع داده‌ها و مقادیر قابل قبول آن‌ها
۷۲	متغیرها
۷۲	مقدار دادن به متغیرها
۷۴	کلاس ذخیره سازی متغیرها
۷۵	ثوابت
۷۶	عملگرها
۷۹	تقدم عملگرها در حالت کلی
۸۲	تبدیل انواع داده‌ها به یکدیگر
۸۲	ساختار کلی زبان C
۸۳	دستورات شرطی
۸۶	دستورهای حلقه
۸۸	دستور break
۸۸	دستور continue
۸۸	دستور goto
۸۹	دستور switch
۹۰	دستور typedef
۹۰	توابع
۹۲	حالت‌های مختلف یک تابع
۹۳	آرایه
۹۴	آرایه‌های چند بعدی
۹۴	رشته
۹۵	ساختارها (Structures)

۹۶	 دستیابی به عناصر ساختار
۹۷	 یونیون ها
۹۸	 شمارش ها
۱۰۰	 پیش پردازنده ها
۱۰۰	 دستورات پیش پردازنده شرطی
۱۰۰	 دستور <code>#if</code> و <code>#else</code>
۱۰۱	 دستور <code>#elif</code>
۱۰۱	 دستور <code>#ifdef</code>
۱۰۱	 دستور <code>#ifndef</code>
۱۰۱	 دستور <code>#endif</code>
۱۰۱	 دستور <code>#undef</code>
۱۰۲	 دستور <code>#error</code>
۱۰۲	 دستور <code>#pragma</code>
۱۰۲	 دستورات اسمبلی در زبان C
۱۰۳	 توابع کتابخانه ای
۱۰۳	 کتابخانه ی <code>ctype</code>
۱۰۵	 کتابخانه ی <code>stdio</code>
۱۰۶	 کتابخانه ی <code>stdlib.h</code>
۱۰۷	 کتابخانه ی ریاضی <code>math</code>
۱۱۲	 کتابخانه ی توابع رشته ای <code>string</code>
۱۱۲	 برای استفاده از این کتابخانه باید آن را با دستور زیر فراخوانی کنید:
۱۱۸	 کتابخانه کد BCD
۱۱۹	 کتابخانه کد <code>gray</code>
۱۱۹	 کتابخانه ی مربوط به حافظه
۱۲۰	 کتابخانه <code>delay</code>

۱۲۱	فصل چهارم
۱۲۱	codevision کامپایلر
۱۲۲	ایجاد پروژه جدید و تنظیمات کدویزارد
۱۲۴	بخش Project Information
۱۲۵	بخش Chip
۱۲۶	بخش Ports
۱۲۶	بخش External Interrupts
۱۲۷	بخش Timers/Counters
۱۲۷	بخش Watchdog Timer
۱۲۸	بخش USART
۱۲۸	بخش Analog Comparator
۱۲۹	بخش Analog to Digital Converter
۱۲۹	بخش Serial Peripheral Interface
۱۳۰	بخش Two Wire Interface
۱۳۰	بخش Bit-Banged I ² C Interface
۱۳۱	بخش ۱ Wire Bus Interface
۱۳۱	بخش Bit-Banged peripherals
۱۳۱	بخش Alphanumeric LCD
۱۳۲	بخش Graphic Display
۱۳۳	بخش Resistive Touchscreen
۱۳۵	فصل پنجم
۱۳۵	پروگرام کردن میکروکنترلر
۱۳۶	روش های پروگرام کردن AVR

فصل ششم ۱۳۹

پیکربندی میکروکنترلرها ۱۳۹

پورت های میکروکنترلر AVR ۱۴۰

رجیستر جهت داده پورت (DDR_x) ۱۴۰

رجیستر DDRA ۱۴۱

رجیستر داده پورت (PORT_x) ۱۴۲

رجیستر آدرس پایه های ورودی پورت (PIN_x) ۱۴۳

فصل هفتم ۱۵۳

نمایشگرها ۱۵۳

نمایشگر LED ۱۵۴

نمایشگر سون سگمنت ۱۵۴

نمایشگر LCD ۱۶۶

جدول نام پایه های LCD کاراکتری ۱۶۷

کد اسکی ASCII ۱۶۹

جدول کد اسکی (ASCII) ۱۶۹

دستورالعمل های LCD ۱۷۰

مُد های کاری LCD ۱۷۱

معرفی کتابخانه LCD ۱۷۱

تابع sprintf ۱۷۳

جدول کاراکترهای کنترلی در تابع sprintf ۱۷۴

نمایش کاراکتر دلخواه ۱۷۴

روش بدست آوردن کد سطر ماتریس ۱۷۵

LCD های گرافیکی ۱۸۴

نمای ظاهری LCD گرافیکی ۱۸۴

۱۸۵	نام پایه های LCD گرافیکی مدل GDM
۱۸۵	تقسیم بندی صفحه نمایش
۱۹۵	فصل هشتم
۱۹۵	صفحه کلید
۲۰۱	فصل نهم
۲۰۱	وقفه ها
۲۰۲	وقفه ها (Interrupts)
۲۰۲	مراحل اجرای یک وقفه
۲۰۲	پشته (Stack)
۲۰۳	بردار وقفه
۲۰۳	جدول بردار های وقفه در میکروکنترلر ATmega۳۲
۲۰۴	روش های بررسی یک رویداد
۲۰۴	انواع وقفه
۲۰۵	تابع وقفه
۲۰۶	رجیستر SREG (Status Register)
۲۰۶	رجیستر GICR (General Interrupt Control Register)
۲۰۷	رجیستر GIFR (General Interup Flag Register)
۲۰۸	رجیستر MCUCR (MCU Control Register)
۲۰۹	رجیستر MCUCSR (MCU Control and Status Register)
۲۱۳	فصل دهم
۲۱۳	تایمر و کانتر
۲۱۴	تایمر
۲۱۴	کانتر
۲۱۸	مدولاسیون PWM

۲۲۱	تایمر/کانتر ۸ بیتی صفر
۲۲۵	نحوه محاسبه زمان بندی برای تایمرها
۲۲۸	تایمر/کانتر ۱۶ بیتی یک
۲۲۹	رجیسترهای تایمر/کانتر یک
۲۴۱	تایمر/کانتر ۸ بیتی دو
۲۴۲	رجیسترهای تایمر/کانتر دو
۲۵۱	فصل یازدهم
۲۵۱	مبدل آنالوگ به دیجیتال
۲۵۲	بلوک دیاگرام مبدل آنالوگ به دیجیتال
۲۵۳	نحوه اتصال فیلتر LC به تغذیه ADC
۲۵۴	نحوه محاسبه نتیجه ADC
۲۵۵	رجیستر های واحد مبدل آنالوگ به دیجیتال (ADC)
۲۵۸	بلوک دیاگرام مقسم فرکانس ADC
۲۵۸	رجیستر SFIOR (Special Function IO Register)
۲۵۹	بلوک دیاگرام ADC در مد تحریک خودکار
۲۶۱	مقایسه کننده آنالوگ داخلی
۲۶۲	رجیسترهای مقایسه کننده آنالوگ داخلی
۲۶۷	فصل دوازدهم
۲۶۷	ارتباط سریال USART
۲۶۹	روش های تبادل داده بصورت سریال
۲۷۱	بلوک دیاگرام واحد تولید کننده نرخ انتقال
۲۷۲	بلوک دیاگرام واحد USART
۲۷۲	رجیستر های ارتباط سریال USART
۲۷۶	جدول تنظیمات بیت UC POL

۲۸۲	برنامه نویسی پروتکل USART در کامپایلر Codevision
۲۸۷	استاندارد RS۲۳۲
۲۹۰	نحوه اتصال مبدل Max۲۳۲ به میکروکنترلر
۲۹۱	مزیت های استاندارد RS۲۳۲ با استاندارد RS۴۸۵
۲۹۲	مبدل PL۲۳۰۳

فصل سیزدهم ۳۰۳

ارتباط جانبی سریال SPI ۳۰۳

۳۰۴	مزیت های پروتکل SPI در میکروکنترلرهای AVR
۳۰۶	پایه های ارتباط دهی در پروتکل SPI
۳۰۷	جدول تعیین وضعیت پایه های ارتباط SPI
۳۰۸	شبکه بندی چند میکروکنترلر در ارتباط SPI
۳۰۸	رجیستر های مربوط به ارتباط SPI
۳۱۱	مدهای انتقال داده در رابط SPI
۳۱۳	کتابخانه spi.h

فصل چهاردهم ۳۱۹

ارتباط سریال دوسیمه TWI ۳۱۹

۳۲۳	واحد تولید کننده Bit Rate
۳۲۳	محاسبه فرکانس خط کلاک (Fsc1)
۳۲۴	قالب بندی آدرس
۳۲۴	قالب بندی بسته های اطلاعات
۳۲۷	رجیسترهای ارتباط سریال TWI
۳۳۱	شبکه بندی میکروکنترلرها در ارتباط سریال TWI
۳۳۱	انواع مدهای عملکرد ارتباط سریال TWI
۳۴۱	کتابخانه ارتباط سریال TWI

۳۴۱	توابع کتابخانه ای i2c.h
۳۴۵	فصل پانزدهم
۳۴۵	ارتباط سریال یک سیمه
۳۴۷	توابع کتابخانه ای پروتکل ۱ wire
۳۴۸	توابع کتابخانه ای ds1820
۳۵۰	اتصال سنسور ds1820 به میکروکنترلر
۳۵۳	فصل شانزدهم
۳۵۴	فیوز بیت
۳۵۷	بیت های قفل (Lock Bit)
۳۶۱	فصل هفدهم
۳۶۱	رابط JTAG
۳۶۳	اشکال زدایی داخلی مدار (On Chip Debugging)
۳۶۳	رجیسترهای مربوط به اشکال زدایی
۳۶۶	دستورالعمل های رابط JTAG
۳۶۷	فصل هجدهم
۳۶۷	مدیریت توان و مدهای sleep
۳۶۹	رجیستر مربوط به مد Sleep
۳۷۰	توابع مدیریت توان در کامپایلر کدویژن
۳۷۳	فصل نوزدهم
۳۷۳	فیوزبیت ها
۳۷۴	معرفی فیوزبیت ها
۳۷۹	فصل بیستم
۳۷۹	پروژه های پایانی
۳۸۶	نام پایه های DS1307

نام پایه های آی سی L293D	۴۰۱
حسگرهای آلتراسونیک	۴۴۴
نمای ظاهری سنسور MPX4115A	۴۶۶
مشخصات رگولاتور LM2576	۴۸۲
دستورات عمومی	۴۹۰
دستورات تماس صوتی	۴۹۰
دستورات پیامک	۴۹۱
فصل بیست و یکم	۴۹۳
آردوینو	۴۹۳
آردوینو (ARDUINO)	۴۹۴
شیلد آردوینو	۵۰۶
منابع و مآخذ	۵۱۰

خط مشی کیفیت انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران در عرصه کتاب‌هایی است که بتواند خواسته‌های به روز جامعه فرهنگی و علمی کشور را تا حد امکان پوشش دهد.

حمد و سپاس ایزد منان را که با الطاف بیکران خود این توفیق را به ما ارزانی داشت تا بتوانیم در راه ارتقای دانش عمومی و فرهنگی این مرز و بوم در زمینه چاپ و نشر کتب علمی دانشگاهی، علوم پایه و به ویژه علوم کامپیوتر و انفورماتیک گام‌هایی هرچند کوچک برداشته و در انجام رسالتی که بر عهده داریم، مؤثر واقع شویم.

گسترده‌گی علوم و توسعه روزافزون آن، شرایطی را به وجود آورده که هر روز شاهد تحولات اساسی چشمگیری در سطح جهان هستیم. این گسترش و توسعه نیاز به منابع مختلف از جمله کتاب را به عنوان قدیمی‌ترین و راحت‌ترین راه دستیابی به اطلاعات و اطلاع‌رسانی، بیش از پیش روشن می‌نماید.

در این راستا، واحد انتشارات مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران با همکاری جمعی از اساتید، مؤلفان، مترجمان، متخصصان، پژوهشگران، محققان و نیز پرسنل ورزیده و ماهر در زمینه امور نشر درصدد هستند تا با تلاش‌های مستمر خود برای رفع کمبودها و نیازهای موجود، منابعی پُر بار، معتبر و با کیفیت مناسب در اختیار علاقمندان قرار دهند.

کتابی که در دست دارید با همت "**جناب آقای مصطفی نوحی**" و تلاش جمعی از همکاران انتشارات میسر گشته که شایسته است از یکایک این گرامیان تشکر و قدردانی کنیم.

کارشناسی و نظارت بر محتوا: زهره قزلباش

در خاتمه ضمن سپاسگزاری از شما دانش‌پژوه گرامی درخواست می‌نماید با مراجعه به آدرس dibagaran.mft.info (ارتباط با مشتری) فرم نظرسنجی را برای کتابی که در دست دارید تکمیل و ارسال نموده، انتشارات دیباگران تهران را که جلب رضایت و وفاداری مشتریان را هدف خود می‌داند، یاری فرمایید.

امیدواریم همواره بهتر از گذشته خدمات و محصولات خود را تقدیم حضورتان نماییم.

مدیر انتشارات

مؤسسه فرهنگی هنری دیباگران تهران
Publishing@mftmail.com

مقدمه

حمد و سپاس بر خداوند یکتا خداوندی که عالم آفرینش را بی تمثال و بی سابقه فکرت به قدرت کامله و مشیت بالغه بیافرید پس آنگاه تمام خلق را به اراده نافذ خود به طریقه ی مستقیم سلوک داد و به راه محبت خود برانگیخت.

امروزه با پیشرفت علم و تکنولوژی مخصوصاً در زمینه الکترونیک سیستم های آنالوگ جای خود را به سیستم های دیجیتال داده اند. یک نمونه از این سیستم های دیجیتال میکروکنترلرها می باشند استفاده از میکروکنترلرها باعث کاهش حجم مدار ، افزایش راندمان کاری و کاهش تلفات، افزایش سرعت کاری مدار، کاهش هزینه و... می شود.

در این کتاب سعی شده است بصورت جامع و با زبانی ساده و قابل فهم یکی از سری های میکرو کنترلرها به نام میکروکنترلر AVR را توضیح و شرح دهیم.

در ایران از میکروکنترلرهای AVR به وفور استفاده می شود و همچنین در تمامی مراکز تحصیلی گذری بر این میکروکنترلر زده می شود. این میکروکنترلر نسبت به سایر میکروکنترلرها ساده تر و قابل فهم تر می باشد.

دراین کتاب به آموزش میکروکنترلر AVR به زبان C پرداخته ایم و برای برنامه نویسی آن از کامپایلر کدویژن استفاده کرده ایم.

امیدوارم با این کتاب بتوانم به تمامی جوانان مشتاق علم الکترونیک کمکی کرده باشم.