

میکروکنترلرهای ARM خانواده AT91SAM7

در طراحی سیستم‌های جاسازی شده



دکتر پیمان معلم
مهندس محمد حسین وفایی
مهندس یحیی فرهادی

گروه مهندسی برق، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان

سرشناسه	: معلم، پیمان، ۱۳۴۹ -
عنوان و نام پدیدآور	: میکروکنترلرهای ARM خانواده AT91SAM7 در طراحی سیستم‌های جاسازی شده/پیمان معلم، محمدحسین وفایی، یحیی فرهادی.
مشخصات نشر	: اصفهان: دانشگاه اصفهان، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری	: ۸۶۵ص.: مصور، جدول، نمودار.
فروست	: انتشارات دانشگاه اصفهان؛ ۵۷۸.
شابک	: ۹۷۸-۶۰۰-۱۱۰۰۰۳۸-۳
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
موضوع	: کنترل‌کننده‌های برنامه‌پذیر
موضوع	: میکروکنترلر، ا. آر. ام.
موضوع	: مدارهای مجتمع
شناسه افزوده	: وفایی، محمدحسین، ۱۳۴۶ -
شناسه افزوده	: فرهادی، یحیی، ۱۳۴۶ -
شناسه افزوده	: دانشگاه اصفهان
رده بندی کنگره	: ۳۹۱/۴۹۶/۳۲۳ TJ
رده بندی دیویی	: ۶۳۹/۸۹۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۹۵۱۳۱۹



انتشارات دانشگاه اصفهان

تألیف : دکتر پیمان معلم، مهندس محمد حسین وفایی، مهندس یحیی فرهادی
ناشر: دانشگاه اصفهان
طراح جلد: گلزار احمد
نوبت چاپ: چاپ اول - پاییز ۱۳۹۱
شمارگان: ۵۰۰ جلد
چاپ و صحافی: چاپخانه دانشگاه اصفهان
بهاء: ۲۳۰۰۰۰ ریال
کلیه حقوق نشر برای ناشر محفوظ است

مراکز فروش کتاب:
اصفهان: میدان آزادی - خیابان دانشگاه - فروشگاه کتاب دانشگاه
تلفن: ۰۳۱۱-۷۹۳۲۱۷۷ - پست الکترونیکی: entesharat@ui.ac.ir
تهران: میدان انقلاب - خیابان نصرت - خیابان دکتر قریب، نرسیده به خیابان فرصت - پلاک ۱۱
موسسه کتاببران، مرکز پخش کتابهای دانشگاهی - تلفن: ۰۲۱-۶۶۵۶۶۵۱۰-۱۵

فهرست مطالب

۳۱-۶-۲- کنترل کننده‌های وقفه	۳۱
۳۱-۶-۳- برنامه رسیدگی به وقفه	۳۱
۷-۲- مرور سریع ویژگی‌های میکروکنترلرهای ARM	۳۲
۳۲-۷-۲- دستورات ۱۶ بیتی تامب	۳۲
۳۲-۷-۲- دستورات تامب-۲	۳۲
۳۲-۷-۳- دستورات تامب و تامب-۲ نسخه محیط اجرا	۳۳
۳۳-۷-۴- فناوری ممیز شناور برداری	۳۳
۳۴-۷-۵- فناوری NEON	۳۴
۳۴-۷-۶- زمان سنج سگ نگهبان	۳۴
۳۴-۷-۷- درگاه فرستنده/گیرنده غیرهمزمان عمومی	۳۴
۳۴-۷-۸- گذرگاه I^2C	۳۴
۳۵-۷-۹- گذرگاه I^2S	۳۵
۳۶-۷-۱۰- واسط جانبی سریال	۳۶
۳۶-۷-۱۱- کنترل کننده سریال همزمان	۳۶
۳۶-۷-۱۲- وضعیت عملکردی جازل	۳۶
۳۷-۷-۱۳- امکان اتصال به شبکه اترنت MAC	۳۷
۳۷-۷-۱۴- شبکه CAN	۳۷
۳۷-۷-۱۵- شبکه LIN	۳۷
۳۸-۷-۱۶- واحد اشکال‌زدایی	۳۸
۳۸-۷-۱۷- سیستم عیب یابی JTAG	۳۸
۳۹-۷-۱۸- فناوری محیط ایمن	۳۹
۴۰-۷-۱۹- سایر امکانات	۴۰
۴۱-۸- معماری میکروکنترلرهای ARM	۴۱

پیشگفتار

فصل ۱: آشنایی با میکروکنترلرها، معماری‌های مرسوم و بسته‌بندی تراشه‌ها

۱-۱- کاربرد میکروکنترلرها	۲
۲-۱- میکروکنترلرها و میکروپروسورها	۳
۳-۱- معماری پردازنده‌ها	۴
۱-۳-۱- معماری وان‌یومن	۵
۲-۳-۱- معماری هاروارد	۶
۳-۳-۱- معماری هاروارد اصلاح شده	۷
۴-۳-۱- معماری RISC و CISC	۹
۴-۱- روش پردازش خطوط لوله‌ای	۱۱
۵-۱- تاثیر افزایش مراحل پردازش خطوط لوله‌ای در سرعت	۱۳
۶-۱- بسته‌بندی تراشه‌ها و انواع آن	۱۴
تمرین‌های فصل اول	۱۹

فصل ۲: آشنایی با میکروکنترلرهای ARM

۱-۲- تاریخچه	۲۲
۲-۲- کاربرد میکروکنترلرهای ARM	۲۳
۳-۲- پردازش خطوط لوله‌ای در میکروکنترلرهای ARM	۲۵
۴-۲- معماری گذرگاه در پردازنده‌های ARM	۲۷
۵-۲- مدیریت حافظه و پردازنده‌های کمکی	۲۹
۱-۵-۲- مدیریت حافظه	۲۹
۲-۵-۲- پردازنده‌های کمکی	۳۰
۶-۲- تجهیزات و واحدهای جانبی	۳۱
۱-۶-۲- کنترل کننده‌های حافظه	۳۱

۸-۲-۱- شیوه‌های نام گذاری میکروکنترلرهای
ARM..... ۴۱

۸-۲-۲- نسخه‌های معماری میکروکنترلرهای
ARM..... ۴۲

۸-۲-۳- معرفی هسته در میکروکنترلرهای ARM
..... ۴۳

۸-۲-۴- معیارهای منجش کارایی پردازنده‌ها..... ۴۴

۹-۲-۱- خانواده‌های میکروکنترلرهای ARM..... ۴۵

۱۰-۲-۱- معرفی خانواده ARM7..... ۴۶

تمرین‌های فصل دوم..... ۵۲

فصل ۳: حافظه برنامه و داده، و کنترل کننده حافظه در
میکروکنترلرهای ARM خانواده AT91SAM7S..... ۵۳

بخش اول حافظه برنامه و داده..... ۵۵

۱-۱-۳- مقدار حافظه برنامه و داده..... ۵۶

۲-۱-۳- نقشه حافظه..... ۵۷

۳-۱-۳- فضای آدرس حافظه SRAM داخلی..... ۵۹

۴-۱-۳- فضای آدرس حافظه ROM داخلی..... ۵۹

۵-۱-۳- فضای آدرس حافظه فلش داخلی..... ۵۹

بخش دوم کنترل کننده حافظه..... ۶۱

۱-۲-۳- معرفی واحد کنترل کننده حافظه..... ۶۲

۲-۲-۳- اجزای واحد کنترل کننده حافظه..... ۶۳

۳-۲-۳- پیکربندی مجدد حافظه و کاربرد آن..... ۶۵

۴-۲-۳- بررسی خطای بی نتیجه..... ۶۶

۵-۲-۳- کنترل کننده حافظه فلش داخلی..... ۶۶

۶-۲-۳- شناساگر آدرس دهی نادرست حافظه..... ۶۷

۷-۲-۳- ثبات‌های واحد کنترل کننده حافظه..... ۶۷

۸-۲-۳- توابع آماده برای برنامه‌نویسی به زبان C..... ۷۰

تمرین‌های فصل سوم..... ۷۳

فصل ۴: واحد پردازنده مرکزی در میکروکنترلرهای
ARM خانواده AT91SAM7S..... ۷۳

بخش اول ثبات‌های پردازنده..... ۷۵

۱-۱-۴- وضعیت‌های عملکردی پردازنده..... ۷۶

۲-۱-۴- ثبات‌های پردازنده..... ۷۷

۳-۱-۴- ارتباط بین ثبات‌های حالت آرم و تامب..... ۸۱

۴-۱-۴- دسترسی به ثبات‌های بالا در حالت تامب..... ۸۱

..... ۸۱

۵-۱-۴- ثبات‌های وضعیت..... ۸۲

بخش دوم دستورات اسمبلی..... ۸۵

۱-۲-۴- شکل کلی دستورات اسمبلی..... ۸۶

۲-۲-۴- انواع داده..... ۸۶

۳-۲-۴- دستورات آرم..... ۸۷

۴-۲-۴- دستورات تامب..... ۱۲۳

بخش سوم روش‌های آدرس دهی..... ۱۵۵

۱-۳-۴- شیوه اول: عملگرهای پردازش داده..... ۱۵۷

۲-۳-۴- شیوه دوم: بارشدن/ذخیره شدن کلمه یا

بایت بدون علامت..... ۱۶۳

۳-۳-۴- شیوه سوم: سایر دستورات بار شدن و ذخیره

شدن..... ۱۶۹

۴-۳-۴- شیوه چهارم: بار شدن و ذخیره شدن

مجموعه ثبات‌ها..... ۱۷۲

بخش چهارم وضعیت عملکردی استثنا و انواع آن

..... ۱۷۹

۱-۴-۴- ری‌ست..... ۱۸۲

۲-۴-۴- دستور تعریف نشده..... ۱۸۲

۳-۴-۴- وقفه نرم‌افزاری..... ۱۸۳

۴-۴-۴- پیش واکنشی بی نتیجه..... ۱۸۳

بخش اول	واحدهای مرتبط با کنترل کننده سیستم
۲۴۹	.....
بخش دوم	واحد تولید کننده پالس ساعت
۲۵۵	.....
۲۵۶	۱-۲-۶ - معرفی واحد تولید کننده پالس ساعت ...
۲۵۶	۲-۲-۶ - نوسان ساز مرکزی
۲۶۰	۳-۲-۶ - حلقه قفل فاز
بخش سوم	واحد مدیریت مصرف توان
۲۶۳	.....
۲۶۴	۱-۳-۶ - معرفی واحد کنترل کننده مدیریت مصرف توان
۲۶۴	۲-۳-۶ - کنترل کننده پالس ساعت حاکم
۲۶۵	۳-۳-۶ - کنترل کننده پالس ساعت مربوط به پردازنده
۲۶۵	.....
۲۶۶	۴-۳-۶ - کنترل کننده پالس ساعت واحد USB
۲۶۶	۵-۳-۶ - کنترل کننده پالس ساعت واحدهای جانبی
۲۶۶	.....
۲۶۸	۶-۳-۶ - کنترل کننده پالس ساعت های خارجی تولید شده بر روی پایه های PCK
۲۶۹	۷-۳-۶ - مراحل برنامه نویسی واحد کنترل کننده مدیریت توان
۲۶۹	.....
۲۷۳	۸-۳-۶ - چند مثال از نحوه تغییر کردن منابع پالس ساعت پس از اعمال تنظیمات
۲۷۵	۹-۳-۶ - ثبات ها
۲۸۳	۱۰-۳-۶ - توابع آماده برای برنامه نویسی به زبان C
۲۸۳	.....
۲۸۵	۱۱-۳-۶ - مثال: تغییر در پالس ساعت حاکم و محاسبه فرکانس کریستال
بخش چهارم	واحد کنترل کننده ریست
۲۸۹	.....
۲۹۰	۱-۴-۶ - معرفی کنترل کننده ریست

۱۸۳	۴-۴-۵ - داده بی نتیجه
۱۸۴	۶-۴-۴ - درخواست وقفه
۱۸۴	۷-۴-۴ - درخواست وقفه سریع
بخش پنجم	برنامه نویسی به زبان اسمبلی
۱۸۷	.....
۱۸۸	۱-۵-۴ - معادل بعضی از قطعه کدهای C به زبان اسمبلی
۱۹۱	۲-۵-۴ - نوشتن یک برنامه کامل به زبان اسمبلی
۱۹۱	.....
۲۱۱	تمرین های فصل چهارم
۲۱۳	فصل ۵: برنامه نویسی به زبان C و آشنایی با نرم افزار Keil
۲۱۳	.....
بخش اول	برنامه نویسی به زبان C
۲۱۵	.....
۲۱۶	۱-۱-۵ - آشنایی با کلاس های حافظه برای متغیرها
۲۱۶	.....
۲۱۷	۲-۱-۵ - دستور typedef
۲۱۷	۳-۱-۵ - تعریف ثبات های پردازنده
۲۲۳	۴-۱-۵ - مقدمات برنامه نویسی برای تراشه های AT91SAM7S
۲۲۳	.....
بخش دوم	آشنایی با نرم افزار Keil μVision3
۲۲۵	.....
۲۲۶	۱-۲-۵ - مقدمه
۲۲۷	۲-۲-۵ - تولید یک پروژه جدید
۲۲۸	۳-۲-۵ - اضافه کردن فایل منبع
۲۳۳	۴-۲-۵ - تنظیمات
۲۳۷	۵-۲-۵ - ایجاد یک فایل منبع به زبان C
۲۴۰	۶-۲-۵ - ایجاد یک برنامه به زبان اسمبلی
۲۴۶	تمرین های فصل پنجم
۲۴۷	فصل ۶: واحد کنترل کننده سیستم در میکروکنترلرهای ARM خانواده AT91SAM7S
۲۴۷	.....

۳۴۵	بخش هفتم واحد کنترل کننده پیشرفته وقفه	۲-۴-۶	واحدهای تشکیل دهنده کنترل کننده
۳۴۶	۱-۷-۶ معرفی کنترل کننده پیشرفته وقفه	۲۹۰	ریست
۳۴۷	۲-۷-۶ مصرف توان	۲۹۳	۳-۴-۶ انواع ریست
۳۴۷	۳-۷-۶ منابع وقفه	۲۹۷	۴-۴-۶ اولویت ریست بین منابع مختلف
۳۵۱	۴-۷-۶ وقفه عادی	۲۹۸	۵-۴-۶ ثبات وضعیت کنترل کننده ریست
۳۵۳	۵-۷-۶ وقفه سریع	۲۹۹	۶-۴-۶ ثبات های واحد کنترل کننده ریست
۳۵۵	۶-۷-۶ وضعیت اضطراری	۳۰۲	۷-۴-۶ توابع آماده برای برنامه نویسی به زبان C
۳۵۶	۷-۷-۶ حالت حفاظتی	۳۰۳	بخش پنجم واحد زمان سنج سگ نهبان
۳۵۶	۸-۷-۶ وقفه نامعتبر	۳۰۴	۱-۵-۶ معرفی زمان سنج سگ نهبان
۳۵۶	۹-۷-۶ پوشاندن کلی وقفه ها	۳۰۶	۲-۵-۶ ثبات ها
۳۵۶	۱۰-۷-۶ ثبات های واحد AIC	۳۰۸	۳-۵-۶ توابع آماده برای برنامه نویسی به زبان C
۳۶۳	۱۱-۷-۶ توابع آماده برای برنامه نویسی به زبان C	۳۰۹	بخش ششم درگاه های ورودی- خروجی و کنترل کننده آنها
۳۶۴	۱۲-۷-۶ یک مثال از برنامه نویسی وقفه	۳۱۰	۱-۶-۶ معرفی پایه های ورودی- خروجی
۳۷۱	بخش هشتم ملاحظات توان مصرفی	۳۱۱	۲-۶-۶ بسته بندی میکروکنترلرهای AT91SAM7S
۳۷۲	۱-۸-۶ پایه های تغذیه	۳۱۳	۳-۶-۶ کنترل کننده پایه های ورودی- خروجی
۳۷۳	۲-۸-۶ تنظیم کننده ولتاژ	۳۱۴	۴-۶-۶ کنترل توان
۳۷۳	۳-۸-۶ کنترل کننده تنظیم کننده ولتاژ (VREG)	۳۱۵	۵-۶-۶ وقفه
۳۷۴	۴-۸-۶ توابع آماده برای برنامه نویسی به زبان C	۳۱۵	۶-۶-۶ عملکرد واحد کنترل کننده پایه ها
۳۷۷	بخش نهم واحد زمان سنج فاصله تناوبی	۳۱۹	۷-۶-۶ ثبات ها
۳۷۸	۱-۹-۶ معرفی زمان سنج تناوبی	۳۲۶	۸-۶-۶ مالتی پلکس کردن پایه ها
۳۷۹	۲-۹-۶ ثبات ها	۳۲۷	۹-۶-۶ توابع آماده برای برنامه نویسی به زبان C
۳۸۱	۳-۹-۶ توابع آماده برای برنامه نویسی به زبان C	۳۳۰	۱۰-۶-۶ برنامه نمایشگر کریستال مایع متنی (LCD) و صفحه کلید ۴x۴
۳۸۲	۴-۹-۶ مثال از زمان سنج فاصله تناوبی		

۴-۲-۷- شمارنده انتقال (ثبات‌های TCR, RCR, TNCR و RNCR).....	۴۳۰
۵-۲-۷- انتقال داده.....	۴۳۱
۶-۲-۷- اولویت بندی برای درخواست انتقال	۴۳۱
۷-۲-۷- ثبات‌ها.....	۴۳۳
۸-۲-۷- توابع آماده برای برنامه‌نویسی به زبان C.....	۴۳۸
بخش سوم واحد زمان‌سنج/شمارنده.....	۴۴۱
۱-۳-۷- معرفی زمان‌سنج/شمارنده.....	۴۴۲
۲-۳-۷- پایه‌های واحد TC.....	۴۴۲
۳-۳-۷- طرحواره زمان‌سنج/شمارنده.....	۴۴۳
۴-۳-۷- مدیریت توان.....	۴۴۳
۵-۳-۷- طرز کار شمارنده.....	۴۴۳
۶-۳-۷- ثبات‌ها.....	۴۵۰
۷-۳-۷- توابع آماده برای برنامه‌نویسی به زبان C.....	۴۶۱
۸-۳-۷- برنامه زمان‌سنج/شمارنده با پالس‌ساعت داخلی و پالس‌ساعت خارجی.....	۴۶۲
بخش چهارم واحد مبدل آنالوگ به دیجیتال.....	۴۶۵
۱-۴-۷- معرفی مبدل آنالوگ به دیجیتال.....	۴۶۶
۲-۴-۷- مدیریت توان.....	۴۶۶
۳-۴-۷- پایه‌های ADC.....	۴۶۶
۴-۴-۷- وقفه ADC.....	۴۶۷
۵-۴-۷- ورودی‌های آنالوگ.....	۴۶۷
۶-۴-۷- عملکرد ADC.....	۴۶۸
۷-۴-۷- حالت خواب در ADC.....	۴۷۱
۸-۴-۷- زمان لازم برای راه‌اندازی ADC و کمترین زمان نمونه‌برداری.....	۴۷۱

بخش دهم واحد زمان‌سنج زمان حقیقی.....	۳۸۵
۱-۱۰-۶- معرفی زمان‌سنج زمان حقیقی.....	۳۸۶
۲-۱۰-۶- ثبات‌ها.....	۳۸۸
۳-۱۰-۶- توابع آماده برای برنامه‌نویسی به زبان C.....	۳۹۰
۴-۱۰-۶- مثال از واحد زمان‌سنج زمان حقیقی.....	۳۹۱
بخش یازدهم واحد اشکال‌زدایی.....	۳۹۳
۱-۱۱-۶- معرفی واحد اشکال‌زدایی.....	۳۹۴
۲-۱۱-۶- پایه‌های ورودی-خروجی.....	۳۹۴
۳-۱۱-۶- مدیریت توان.....	۳۹۵
۴-۱۱-۶- منابع وقفه.....	۳۹۵
۵-۱۱-۶- عملیات ارسال یا دریافت غیرهمزمان.....	۳۹۶
۶-۱۱-۶- ثبات‌ها.....	۴۰۲
۷-۱۱-۶- توابع آماده برای برنامه‌نویسی به زبان C.....	۴۱۲
۸-۱۱-۶- مثال: ارسال یک رشته به خروجی واحد اشکال‌زدایی.....	۴۱۲
تمرین‌های فصل ششم.....	۴۱۶
فصل ۷: سایر واحدهای جانبی میکروکنترلرهای ARM خانواده AT91SAM7S.....	۴۱۹
بخش اول معرفی سایر واحدهای جانبی.....	۴۲۱
بخش دوم واحد کنترل‌کننده دسترسی مستقیم به حافظه برای واحدهای جانبی.....	۴۲۷
۱-۲-۷- معرفی واحد دسترسی مستقیم به حافظه.....	۴۲۸
۲-۲-۷- تنظیمات PDC.....	۴۲۹
۳-۲-۷- اشاره‌گر حافظه (ثبات‌های TPR, RPR, TNPR و RNPR).....	۴۳۰

۷-۵-۱۷- مثال ۲: برنامه حسگر دما با استفاده از	۴۷۱
USART و ADC ۵۳۳	۴۷۲
۷-۵-۱۸- مثال ۳: برنامه USART با استفاده از	۴۷۳
واحد PDC ۵۳۶	۴۷۸
بخش ششم واحد واسط جانبی سریال ۵۴۳	۴۷۹
۷-۶-۱- معرفی واحد واسط جانبی سریال ۵۴۴	بخش پنجم فرستنده/گیرنده همزمان/غیرهمزمان
۷-۶-۲- پایه‌ها ۵۴۴	عمومی ۴۸۳
۷-۶-۳- حالت‌های SPI ۵۴۶	۷-۵-۱- مقدمه‌ای بر روش‌های تبادل اطلاعات ۴۸۴
۷-۶-۴- تبادل اطلاعات ۵۴۷	۷-۵-۲- USART در میکروکنترلرهای سری
۷-۶-۵- عملکرد در حالت حاکم ۵۴۷	AT91SAM7Sxxx ۴۸۵
۷-۶-۶- عملکرد در حالت پیرو ۵۵۲	۷-۵-۳- مدیریت توان ۴۸۶
۷-۶-۷- ثبات‌ها ۵۵۳	۷-۵-۴- وقفه در واحد USART ۴۸۷
۷-۶-۸- توابع آماده برای برنامه‌نویسی به زبان C	۷-۵-۵- خطوط ورودی-خروجی ۴۸۸
..... ۵۵۹	۷-۵-۶- مولد نرخ باود (BRG) برای انتقال
۷-۶-۹- برنامه کارت حافظه MMC ۵۶۱	اطلاعات ۴۸۸
بخش هفتم واحد واسط دو سیمه ۵۸۹	۷-۵-۷- کنترل گیرنده و فرستنده ۴۹۲
۷-۷-۱- معرفی واسط دو سیمه ۵۹۰	۷-۵-۸- دست‌دهی با پیاده‌سازی سخت‌افزاری ۵۰۱
۷-۷-۲- خطوط ورودی خروجی ۵۹۱	۷-۵-۹- حالت ISO7816 ۵۰۳
۷-۷-۳- مدیریت توان ۵۹۲	۷-۵-۱۰- حالت IrDA ۵۰۶
۷-۷-۴- وقفه ۵۹۲	۷-۵-۱۱- حالت RS485 ۵۰۹
۷-۷-۵- عملکرد واحد TWI ۵۹۲	۷-۵-۱۲- حالت مودم ۵۱۱
۷-۷-۶- فلوپارتهای خواندن/نوشتن ۵۹۷	۷-۵-۱۳- حالت تست ۵۱۲
۷-۷-۷- ثبات‌ها ۶۰۴	۷-۵-۱۴- ثبات‌ها ۵۱۴
۷-۷-۸- توابع آماده برای برنامه‌نویسی به زبان C	۷-۵-۱۵- توابع آماده برای برنامه‌نویسی به زبان C
..... ۶۰۸	 ۵۲۴
۷-۷-۹- مثال از واحد TWI: اندازه‌گیری دما با	۷-۵-۱۶- مثال ۱: برنامه‌نویسی USART به صورت
استفاده از حسگر دمای LM75 ۶۱۰	گیرنده ۵۲۹
بخش هشتم واحد کنترل‌کننده سریال همزمان ۶۲۱	

۶۷۵	۷-۹-۱۱- توابع آماده برای برنامه‌نویسی به زبان C
۶۷۶	۷-۹-۱۲- یک مثال برای استفاده از واحد PWM به همراه وقفه
۶۸۱	بخش دهم واحد درگاه USB
۶۸۲	۷-۱۰-۱- معرفی مشخصات درگاه USB
۶۸۳	۷-۱۰-۲- طرحواره واحد USB
۶۸۳	۷-۱۰-۳- مشخصات UDP
۶۸۵	۷-۱۰-۴- اتصالات واحد UDP
۶۸۵	۷-۱۰-۵- عملکرد واحد UDP
۷۰۳	۷-۱۰-۶- ثبات‌های واحد UDP
۷۱۴	۷-۱۰-۷- توابع آماده برای برنامه‌نویسی به زبان C
۷۱۶	تمرین‌های فصل هفتم
۷۲۱	فصل ۸: برنامه‌ریزی میکروکنترلرهای ARM خانواده AT91SAM7S
۷۲۳	بخش اول واسط برنامه‌ریزی حافظه فلش سریع
۷۲۴	۸-۱-۱- معرفی واسط برنامه‌ریزی حافظه فلش سریع
۷۲۴	۸-۱-۲- برنامه‌ریزی به شکل موازی
۷۳۵	۸-۱-۳- برنامه‌ریزی حافظه فلش سریع به شکل سریال (SFFP)
۷۴۳	بخش دوم کنترل‌کننده حافظه فلش
۷۴۴	۸-۱-۲- عملکرد کنترل‌کننده حافظه فلش
۷۵۱	۸-۲-۲- ثبات‌ها
۷۵۶	تمرین‌های فصل هشتم

۶۲۲	۷-۸-۱- معرفی ارتباط سریال همزمان
۶۲۳	۷-۸-۲- قرارداد I ² S
۶۲۶	۷-۸-۳- خطوط ورودی خروجی
۶۲۷	۷-۸-۴- مدیریت توان
۶۲۷	۷-۸-۵- توصیف عملکرد
۶۳۵	۷-۸-۶- قالب‌های داده
۶۳۶	۷-۸-۷- حالت حلقه
۶۳۹	۷-۸-۸- ثبات‌ها
۶۵۱	۷-۸-۹- توابع آماده برای برنامه‌نویسی به زبان C
۶۵۳	۷-۸-۱۰- اتصال یک مبدل دیجیتال به آالوگ صوتی استریو
۶۵۷	۷-۸-۱۱- اتصال میکروکنترلر AT91SAM7S به یک تراشه CODEC با کمک گذرگاه I ² S
۶۵۹	بخش نهم واحد مدولاسیون پهنای پالس
۶۶۰	۷-۹-۱- معرفی واحد مدولاسیون پهنای پالس (PWM)
۶۶۰	۷-۹-۲- خطوط ورودی خروجی
۶۶۰	۷-۹-۳- کنترل توان
۶۶۱	۷-۹-۴- وقفه
۶۶۱	۷-۹-۵- عملکرد واحد PWM
۶۶۳	۷-۹-۶- کانال‌های PWM
۶۶۳	۷-۹-۷- خصوصیات شکل موج‌ها
۶۶۶	۷-۹-۸- برنامه‌ریزی PWM
۶۶۶	۷-۹-۹- تغییر ضریب وظیفه و دوره تناوب در هنگام فعال بودن کانال
۶۶۹	۷-۹-۱۰- ثبات‌ها

الف-۶- انواع بسته‌ها در قرارداد ارتباطی USB .. ۸۰۰

الف-۷- انواع انتقال‌ها در قرارداد USB ۸۰۱

الف-۷-۱- انتقال کنترلی ۸۰۱

الف-۷-۲- انتقال توده‌ای ۸۰۶

الف-۷-۳- انتقال وقفه‌ای ۸۰۷

الف-۷-۴- انتقال متوازن ۸۰۷

الف-۸- بررسی درخواست‌ها ۸۰۹



ب-۱- تنظیمات سرویس‌دهی به استثناها ۸۱۲

ب-۲- تنظیمات واحدهای جانبی حیاتی ۸۱۳

ب-۳- تنظیمات پشته ۸۱۷

ب-۴- تنظیمات حافظه‌های داخلی فلش و SRAM

..... ۸۱۸



فصل ۹: طراحی بورد ARM با امکان برنامه‌ریزی از طریق USB و JTAG ۷۵۷

بخش اول: طراحی بورد با قابلیت برنامه‌ریزی USB و JTAG ۷۵۹

۹-۱-۱- بورد تبدیل پایه‌های میکروکنترلر ۷۶۰

۹-۱-۲- منبع تغذیه ۷۶۰

۹-۱-۳- مصرف توان ۷۶۲

۹-۱-۴- طرحواره تغذیه ورودی ۷۶۲

۹-۱-۵- تغذیه ۳/۳ ولت ۷۶۴

۹-۱-۶- اتصال کریستال خارج ۷۶۶

۹-۱-۷- کلیدهای ریست و ERASE ۷۶۷

۹-۱-۸- مدار برنامه‌ریزی بورد ۷۶۸

۹-۱-۹- پایه‌های ورودی-خروجی ۷۷۲

۹-۱-۱۰- تصویر بورد طراحی شده ۷۷۳

۹-۱-۱۱- طرحواره برنامه‌ریز JTAG ۷۷۵

۹-۱-۱۲- طرحواره کلی بورد در نرم‌افزار پروتل ۷۷۶

بخش دوم: برنامه‌ریزی بورد با استفاده از برنامه‌ریز JTAG و USB ۷۸۱

۹-۲-۱- برنامه‌ریزی میکروکنترلر با نرم‌افزار AT91

ISP ۷۸۲

۹-۲-۲- برنامه‌ریزی میکروکنترلر با استفاده از درگاه

JTAG ۷۸۸



الف-۱- آشنایی مختصر با استاندارد USB ۷۹۴

الف-۲- ساختار اطلاعات بر روی درگاه USB ... ۷۹۵

الف-۳- انواع لوله‌ها در ارتباط USB ۷۹۶

الف-۴- اجزای تراکنش‌ها ۷۹۷

الف-۵- میدان‌های موجود در بسته ارسالی ۷۹۸

پیشگفتار

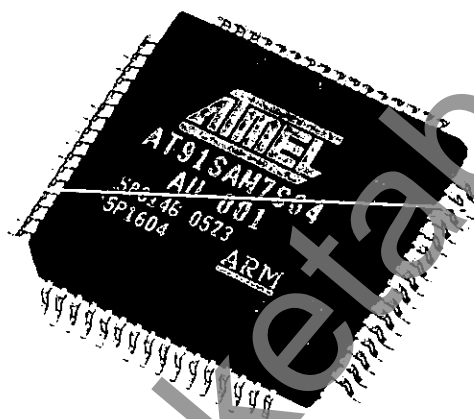
امروزه میکروکنترلرها در تمام جوانب زندگی انسان وارد شده‌اند و در ساده‌ترین وسایل مثل اسباب‌بازی‌ها گرفته تا پیچیده‌ترین تجهیزات مثل تلفن‌های همراه هوشمند، از میکروکنترلرها استفاده می‌شود. یکی از قدرتمندترین میکروکنترلرهای نوظهور، میکروکنترلرهای مجهز به پردازنده‌های ARM هستند، که به آن‌ها میکروکنترلرهای ARM نیز گفته می‌شود. پردازنده‌های ARM دارای قدرت پردازش بسیار بالایی هستند و می‌توانند در فرکانس‌های بالایی کار کنند. کارخانه‌های متعددی از جمله اتمل و فیلپس از پردازنده‌های ARM در داخل تراشه‌های خود استفاده می‌کنند. در این کتاب تراشه‌های خانواده AT91SAM7 ساخت شرکت اتمل به تفصیل بررسی شده‌اند. این میکروکنترلرها دارای حافظه فلش و SRAM با ظرفیت بالا می‌باشند که این پردازنده‌ها را برای انجام ماموریت‌های صنعتی و پروژه‌های سنگین توانمند نموده است. داخل تراشه‌های این خانواده، واحد حلقه فاز قفل شده تعبیه شده که پالس ساعت با فرکانس بالا تولید نموده و قابلیت ارتباط به صورت سریال با سرعت بالا با سیستم‌های جانبی مانند وسایل صوتی و همچنین درگاه USB را امکان‌پذیر کرده است. یکی دیگر از ویژگی‌های مهم این تراشه امکان دسترسی مستقیم به حافظه بدون دخالت پردازنده است.

برنامه‌هایی که برای میکروکنترلرهای خانواده AT91SAM7 نوشته می‌شوند به طور معمول به زبان اسمبلی یا C می‌باشند که در محیط‌های نرم‌افزاری مختلف و متادارایی Keil μ Vision، IAR Embedded Workbench و Eclipse قابل شبیه‌سازی هستند.

این کتاب، مرجع کاملی برای آشنایی و استفاده کاربردی از تراشه‌های AT91SAM7 می‌باشد که در ۹ فصل و چند پیوست تنظیم شده است. هر فصل در داخل خود، دارای بخش‌های متعددی است. علاوه بر این، یک بورد عملی با استفاده از تراشه AT91SAM7S64 طراحی و در آزمایشگاه پیاده‌سازی شده است. روند طراحی و جزئیات پیاده‌سازی این بورد در داخل کتاب شرح داده شده و اطلاعات مفیدی را در مورد نحوه تنظیم پایه‌های میکروکنترلر و مراحل برنامه‌ریزی تراشه در اختیار خوانندگان محترم قرار می‌دهد. کلیه مثال‌ها، برنامه‌ها و پروژه‌های کتاب توسط این بورد در آزمایشگاه تست شده است.

فصل ۱

آشنایی با میکروکنترلرها، معماری‌های مرسوم و بسته‌بندی
تراشه‌ها



آنچه در این فصل می‌خوانید:

- کاربرد میکروکنترلرها
- میکروکنترلر و میکروپروسسور
- معماری میکروپروسسورها
- معماری وان‌نیومن
- معماری هاروارد
- معماری هاروارد اصلاح شده
- معماری RISC و CISC
- پردازش خطوط لوله‌ای
- بسته‌بندی تراشه‌ها و انواع آن

۱-۱- کاربرد میکروکنترلرها

امروزه میکروکنترلرها یکی از پرکاربردترین قطعات در طراحی بسیاری از سیستم‌های الکترونیکی و مخابراتی، سیستم‌های صنعتی و سیستم‌های کنترلی به شمار می‌روند. میکروکنترلرها یکی از اجزای جدانشدنی بسیاری از وسایل روزمره زندگی هستند. به عنوان نمونه می‌توان به تلفن‌های همراه اشاره کرد. در هر تلفن همراه حداقل یک میکروکنترلر وجود دارد که پردازش اطلاعات در آن صورت می‌گیرد. کاربرد میکروکنترلرها در موارد دیگر عبارتند از:

- وسایل روزمره در زندگی مانند:
 - انواع پخش کننده فایل‌های mp3، انواع مختلف اسباب‌بازی‌ها، قسمت‌های مختلف کامپیوتر مانند صفحه کلید و چاپگر، تلویزیون، قسمت‌های مختلف اتومبیل، لوازم تصویربرداری و فیلم برداری مانند دوربین‌های عکاسی دیجیتال.
 - کاربرد در تجهیزات پزشکی.
 - کاربرد در سیستم‌های قدرت و سیستم‌های صنعتی از قبیل:
 - کنترل دور موتورهای الکتریکی، کنترل منابع تغذیه سوئیچینگ، دستگاه‌های اندازه‌گیری قدرت، اتوماسیون و رله‌های دیجیتال و سیستم‌های حفاظتی.
 - کاربرد در سیستم‌های مخابراتی از قبیل سیستم‌های موقعیت یاب جهانی (GPS)^۱، سیستم‌های بیسیم مانند اینترنت بیسیم، سیستم‌هایی مانند تلویزیون و رادیوی دیجیتال.
 - کاربرد در ساخت ربات‌ها و شبکه‌های کامپیوتری.
- بنابراین آشنایی با میکروکنترلرها برای طراحی بسیاری از سیستم‌ها، باتوجه به این که در طراحی هر سیستمی پارامترهای مختلفی از جمله قیمت، قابلیت حمل، توان مصرفی، انعطاف‌پذیری سیستم، آرایه خدمات و تامین قطعات باید مورد نظر قرار گیرد، امری ضروری است. به بیان دیگر از ضروری‌ترین گام‌ها در طراحی، داشتن اطلاعات دقیقی از میکروکنترلرها به عنوان یکی از پرکاربردترین قطعات در ساخت انواع سیستم‌ها می‌باشد.
- میکروکنترلرها توسط شرکت‌های مختلف با معماری‌های^۲ متفاوت ساخته می‌شوند. از جمله می‌توان به میکروکنترلرهای خانواده 68C11 از شرکت موتورولا^۳، میکروکنترلرهای PIC از شرکت میکروچیپ^۴، میکروکنترلرهای خانواده MCS51 از شرکت اینتل^۵، میکروکنترلرهای خانواده AVR

^۱ Global Positioning System

^۲ architecture

^۳ Motorola

^۴ Microchip

^۵ Intel