

مرجع کامل برنامه نویسی

رزبری پای پیکو

تألیف و ترجمه:

مهندس امیر باغی رهین

مهندس وحید باغی رهین

انتشارات اطهران

سرشناسه	: باغی رهین، امیر، ۱۳۶۰ -
عنوان و نام پدیدآور	: مرجع کامل برنامه‌نویسی رزبری پای پیکو/تالیف و ترجمه امیر باغی رهین، وحید باغی رهین.
مشخصات نشر	: تبریز: اطهران.
مشخصات ظاهری	: ۳۰۰ ص.: مصور (بخشی رنگی)، جدول، نمودار.
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: کتابنامه: ص. [۳۶۹].
موضوع	: رزبری پای (کامپیوتر) -- برنامه‌نویسی Raspberry Pi (Computer) -- Programming میکروپایتون (زبان برنامه‌نویسی کامپیوتر) MicroPython (Computer program language)
شناسه افزوده	: باغی رهین، وحید، ۱۳۶۲ -
رده بندی کنگره	: QA ۷۶ / ۸
رده بندی دیویی	: ۱۳۳/۰۰۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۹۰۰۸۸۵۳
اطلاعات رکورد کتابشناسی	: فیبا



انتشارات اطهران

شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۷۸۰۰-۲۵-۸



انتشارات آشینا

نام کتاب	: مرجع کامل برنامه‌نویسی رزبری پای پیکو
مؤلفین	: مهندس امیر باغی رهین - مهندس وحید باغی رهین
ناشر	: انتشارات اطهران
نوبت چاپ	: اول - پاییز ۱۴۰۱
تعداد صفحه و قطع	: ۴۰۰ صفحه - وزیری
تیراژ	: ۱۰۰۰ نسخه
حروف چینی	: مؤسسه اطهران
لیتوگرافی	: چاردیز
چاپ و صحافی	: لک‌لری

کلیه مسئولیت مطالب به عهده مؤلفین بوده و حق چاپ و نشر برای مؤلفین محفوظ است. هرگونه کپی‌برداری پیگرد قانونی دارد.

مراکز پخش: انتشارات آشینا - انتشارات اطهران

تبریز - خیابان امام - بازار بزرگ تربیت - طبقه پایین - پلاک ۷ تلفن: ۳۵۵۳۸۶۰۳ - ۳۵۵۳۶۱۹۶

تبریز - خیابان جمهوری - بن‌بست علی‌خان - پلاک ۲۰ تلفن: ۳۵۵۶۳۱۰۳ - ۳۵۵۶۸۳۳۴

سخن ناشر

بنام یزدان پاک که تفکر را در جهت کسب دانش و معرفت به بشر ارزانی ساخت. بسیار خوشحالیم که بار دیگر ایزد یکتا توفیق داد تا با ارائه مجموعه‌ای دیگر در خدمت دانش‌پژوهان گرامی باشیم.

در کتاب حاضر با عنوان «مرجع کامل برنامه‌نویسی رزبری پای پیکو» در ۱۵ فصل و با بیش از ۶۰ پروژه کاربردی سعی شده تا مفاهیم برنامه‌نویسی میکروپایتون بر روی برد میکروکنترلری رزبری پای پیکو تشریح شود. این کتاب با در نظر گرفتن طیف گسترده‌ای از خوانندگان نوشته شده است. این کتاب برای هرکسی است که می‌خواهد بدون یادگیری یک زبان برنامه‌نویسی پیچیده شروع به ساخت پروژه‌های سخت‌افزاری با رزبری پای پیکو کند یا کسانی که می‌خواهند نحوه استفاده از اجزا، ماژول‌ها و حسگرها را با رزبری پای پیکو یاد بگیرند، در نظر گرفته شده است. اگر تازه‌حال خواستید راه‌حل‌های مبتنی بر میکروکنترلر خود را اجرا کنید، این کتاب همان چیزی است که نیاز دارید!

در اینجا جا دارد از تمام کسانی که ما را در تهیه این مجموعه یاری نموده‌اند علی‌الخصوص آقایان مهندس امیر باغی رهین و وحید باغی رهین که زحمت تألیف کتاب، صفحه‌آرایی کتاب و طراحی جلد را بر عهده داشته‌اند و همچنین آقای مهندس افشین میراب که نظارت فنی کتاب را به عهده داشته‌اند صمیمانه تشکر و قدردانی نماییم.

در خاتمه به استحضار کلیه اساتید محترم و دانشجویان عزیز می‌رساند که این موسسه با هدف نشر و توسعه کتب فنی، مهندسی و علوم پایه از کلیه عزیزان و صاحب‌نظران محترم دعوت به همکاری می‌نماید. لذا از کلیه عزیزانی که علاقه‌مند به همکاری در زمینه‌های یادشده هستند درخواست می‌شود که با این انتشارات مکاتبه نمایند. امید است با همکاری و همفکری صاحب‌نظران محترم بتوانیم در شکوفایی استعداد‌های ایران عزیزمان گامی هرچند کوتاه برداریم.

www.ashina.fannazar.com

Email: atharanpub@gmail.com

تقدیم به

روح بلند پدر فداکارمان که از تمام وجود خویش برای موفقیت ما در راه کسب علم و دانش ایثار نمود. ای کاش بود و ثمره زحماتش را می‌دید. یادش همواره در قلب و ذهن‌مان جاویدان است.

و مادر عزیزمان که همچون چراغی فروزان همواره در تمامی مراحل زندگی روشنی‌بخش راه و گرمابخش وجودمان بوده است. همواره از خداوند متعال، سلامتی و طول عمر باعزت برایش خواستاریم.

و این برگ سبزی است تخم‌زی درویش برای جبران ذره‌ای از زحمات پدر و مادری دلسوز و فداکار،

و قدردانی از این عزیزان

مقدمه

رزبری پای پیکو یک ماژول میکروکنترلر با کارایی بالا است که به طور خاص برای محاسبات فیزیکی طراحی شده است. میکروکنترلرها با رایانه‌های تک بردی (مانند رزبری پای ۴) در نداشتن سیستم عامل تفاوت دارند. رزبری پای پیکو را می‌توان طوری برنامه‌ریزی کرد که یک کار واحد را به طور بسیار کارآمد در کاربردهای کنترل و نظارت بلادرنگ که نیاز به سرعت دارند، اجرا کند. رزبری پای پیکو مبتنی بر تراشه میکروکنترلر دو هسته‌ای سریع، کارآمد و کم‌هزینه ARM Cortex-M0+ RP2040 است که تا ۱۳۳ مگاهرتز کار می‌کند و دارای ۲۶۴ کیلوبایت SRAM و ۲ مگابایت حافظه فلش است. علاوه بر حافظه بزرگ، رزبری پای پیکو دارای ویژگی‌های جذاب تری از جمله تعداد زیادی پین GPIO و ماژول‌های رابط محبوب مانند ADC، SPI، I²C، UART و PWM است. برای پوشش دادن همه‌ی اینها، این تراشه ماژول‌های زمان‌بندی سریع و دقیق، رابط اشکال‌زدایی سخت‌افزاری و حسگر دمای داخلی را ارائه می‌دهد.

رزبری پای پیکو به راحتی با استفاده از زبان‌های سطح بالا محبوب مانند میکروپایتون و یا C/C++ برنامه‌ریزی می‌شود. این کتاب مقدمه‌ای برای استفاده از میکروکنترلر رزبری پای پیکو در ارتباط با زبان برنامه‌نویسی میکروپایتون است. رزبری پای پیکو با هزینه بسیار کم، اندازه کوچک و فناوری سیستم بر روی تراشه، افراد بیشتری را قادر می‌سازد تا یاد بگیرند، تجربه کنند و پروژه‌هایی را تکمیل کنند که قبلاً به سخت‌افزار خاص (و گران‌قیمت) نیاز داشتند یا مجبور به یادگیری یک زبان برنامه‌نویسی پیچیده بودند. برنامه‌نویسی رزبری پای پیکو می‌تواند با زبان میکروپایتون صورت گیرد. میکروپایتون بر روی زبان مادر پایتون^۱ ساخته شده، تمامی سهولت برنامه‌نویسی و دسترسی سخت‌افزاری

^۱ Python

در پایتون را با یک مفسر مخصوص ساخته شده در آن فراهم می‌کند و به رزبری پای پیکو اجازه می‌دهد تا کد میکروپایتون را بوت و اجرا کند.

در اواخر سال ۲۰۱۲ میلادی، ایده‌ای برای ساخت یک دستگاه محاسباتی کوچک و توان پایین در ذهن دیمین جورج^۱ مطرح شد. هدف این بود که کار را برای هرکسی فوق‌العاده آسان کرد، پیشینه شخص یا سطح مهارت فنی آن شخص مهم نیست که چه هست تا قادر به ساختن یک دستگاه دیجیتالی باشیم که از صفر و یک‌ها برای کنترل دنیای واقعی استفاده کند. در ابتدا دیمین جورج هیچ زبان برنامه‌نویسی خاصی برای این دستگاه در ذهن نداشت، اما پس از تحقیق در مورد اینکه چه چیزی می‌تواند زبان مناسب برای او و افرادی که می‌خواهند به روشی آسان برنامه‌نویسی کنند باشد، پایتون را انتخاب کرد.

فلسفه کلی میکروپایتون این است که «**حداقل در عین حال قابل استفاده باقی بماند**» و این تعبیر را تجسم دهد که «**میکرو**» به میکروکنترلرها و سیستم‌های نهفته شده اشاره دارد و احساس کمینه‌گرایی را نیز بدهد. «**پایتون**» نیز زبان برنامه‌نویسی بسیار عملی و کاربردی است که به گونه‌ای طراحی شده که انسان بتواند از برنامه‌نویسی لذت ببرد. از یک طرف، ساختن هر چیزی به صورت خیلی کمینه خوب نیست (نهایت کمینه‌گرایی، هیچ است!)، اما از طرف دیگر، اضافه کردن انبوهی از ویژگی‌های قابل استفاده منجر به فراتر رفتن استفاده بیش از حد از منابع می‌شود. این ایده‌ها در مورد توازن کمینه‌گرایی با عمل‌گرایی نه فقط در مورد فلسفه طراحی و توسعه میکروپایتون، بلکه به صنعت و حتی فراتر از آن اعمال می‌شود.

این کتاب با بیش از ۶۰ پروژه کاربردی در ۱۵ فصل تألیف و ترجمه شده و خلاصه این فصل‌ها به شرح زیر است. بسته به سطح مهارت شما، ممکن است انجام برخی از پروژه‌ها آسان‌تر از سایر پروژه‌ها باشد. امیدواریم پروژه‌ها را چالش‌برانگیز و روشنگر (اما مهم‌تر از آن آموزنده) بیابید تا بتوانید پروژه‌های خود را تکمیل کنید. در ادامه مروری بر هر فصل ارائه شده است.

^۱ Damien George

- **فصل ۱:** در این فصل آشنایی کلی با رزبری پای پیکو خواهیم داشت. در این فصل، آنچه که رزبری پای پیکو را از بردهای رزبری پای متمایز می‌کند، مشخص کرده و نشان می‌دهیم که کار با رزبری پای پیکو چقدر آسان است.
- **فصل ۲:** در این فصل به معرفی میکروپایتون پرداخته و مروری بر نحوه شروع کار با آن خواهیم داشت. در این فصل مهارت‌های اساسی برای شروع کار با نرم‌افزار و سخت‌افزار موردنیاز برای اجرای میکروپایتون را در اختیار شما قرار می‌دهیم.
- **فصل ۳:** در این فصل با برخی از مفاهیم اولیه برنامه‌نویسی پایتون آشنا خواهید شد. با بلوک‌های سازنده این زبان مانند متغیرها، ماژول‌ها و دستورات پایه شروع می‌کنیم و سپس به مفاهیم پیچیده‌تر کنترل جریان و ساختمان‌های داده می‌رویم. درحالی‌که به نظر می‌رسد مطالب باعجله به سراغ شما می‌آیند، این آموزش پایتون تنها پایه‌ای‌ترین دانش این زبان و نحوه استفاده از آن را در رایانه شخصی و رزبری پای پیکو شما پوشش می‌دهد. در نظر گرفته شده که به سرعت نوشتن برنامه‌های پایتون را شروع کنید. یک آموزش مفصل برای برنامه‌نویسی میکروپایتون در فصل ۴ و ۵ خواهیم داشت.
- **فصل ۴:** در این فصل، کتابخانه‌های میکروپایتون را که برای استفاده در پروژه‌ها در دسترس شما هستند، یاد می‌گیرید و نگاهی کوتاه به پشتیبانی سخت‌افزاری سطح پایین در میکروپایتون برای رزبری پای پیکو خواهیم داشت. در نهایت، برخی از کتابخانه‌ها، پروتکل‌ها و تکنیک‌های سخت‌افزاری مرور خواهند شد.
- **فصل ۵:** این فصل با نگاهی دقیق‌تر به برنامه‌نویسی رزبری پای پیکو آغاز می‌شود. اگر اصول برنامه‌نویسی پایتون را می‌دانید، به راحتی این فصل را مرور کنید. با این حال، توصیه می‌کنیم از طریق پروژه‌های نمونه در انتهای فصل کار کنید، به خصوص اگر برنامه‌های کاربردی پایتون زیادی ننوشته باشید. مثال‌های این فصل به عنوان یک آموزش مفصل به شما نشان می‌دهد که چه کاری می‌توانید انجام دهید. با این حال، شما را تشویق می‌کنیم که مثال‌ها را برای تمرین امتحان کنید.

- **فصل ۶:** در این فصل با پیاده‌سازی پروژه‌های سخت‌افزاری ساده با استفاده از رزبری پای پیکو شروع می‌کنیم. بیش از ۲۰ پروژه کاربردی در این فصل مطرح می‌شود که شامل کار با انواع LED ها، نمایشگرهای هفت‌قسمتی، نمایشگرهای LCD و کار با حسگر اولتراسونیک می‌شود.
- **فصل ۷:** در این فصل در مورد استفاده از مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال صحبت می‌کنیم. انواع پروژه‌ها از قبیل ساخت ولت‌متر، ساخت اهم‌متر، استفاده از حسگرهای دما، اندازه‌گیری دما، کنترل‌کننده دما، استفاده از ترمیستور و غیره مطرح می‌شود.
- **فصل ۸:** در این فصل در مورد ثبت داده‌ها یاد خواهید گرفت. سیستم فایل رزبری پای پیکو را قادر می‌سازد تا فایل‌ها را در حافظه دستکاری کنیم و شامل ایجاد فایل‌های جدید، خواندن از فایل‌ها و نوشتن روی فایل‌ها می‌شود. در این فصل یاد خواهید گرفت که چگونه داده‌های دما را در فایل‌ها ثبت کنید.
- **فصل ۹:** در این فصل یاد خواهید گرفت که چگونه مدولاسیون عرض پالس (PWM) برای درایو کردن بارهای سنگین مانند موتورها، محرک‌ها، هیترها و غیره استفاده می‌شود. با چندین پروژه جالب و کاربردی از قبیل تغییر روشنایی یک LED، تغییر سرعت یک موتور DC، اندازه‌گیری فرکانس و ساخت ملودی شما را با کاربردهای PWM آشنا خواهیم کرد.
- **فصل ۱۰:** در این فصل در مورد مبانی ارتباط سریال (UART) صحبت خواهیم کرد. برنامه‌ای برای برقراری ارتباط بین رزبری پای پیکو و یک میکروکنترلر آردوینو UNO و همچنین برنامه‌ای برای برقراری ارتباط با رزبری پای ۴ ایجاد خواهیم کرد.
- **فصل ۱۱:** در این فصل به استفاده از گذرگاه I^2C بر روی رزبری پای پیکو خواهیم پرداخت. هدف این فصل آشنایی خواننده با توابع کتابخانه گذرگاه I^2C و درک چگونگی استفاده از آنها را در یک پروژه واقعی است. با چندین پروژه کاربردی از قبیل تعامل با حافظه‌های EEPROM، ارتباط با حسگر دما و فشار مفاهیم مربوط به گذرگاه I^2C را یاد خواهید گرفت.

■ ز

➤ **فصل ۱۲:** در این فصل پروژه‌هایی را با استفاده از گذرگاه SPI (رابط جانبی سریال) با رزبری پای پیکو توسعه داده و مفاهیم مرتبط با گذرگاه SPI را تشریح خواهیم نمود.

➤ **فصل ۱۳:** در این فصل ESP-01 را معرفی خواهیم کرد. هنگامی که پروژه سیستم نهفته شما نیاز به پشتیبانی از اتصال بی‌سیم دارد، ESP-01 یکی از محبوب‌ترین گزینه‌های سخت‌افزاری میکروپایتون است. در این فصل تعدادی از دستورات عملی را بررسی خواهیم کرد که جنبه‌های مختلف تعامل با ویژگی‌های وای‌فای موجود بر روی این برد را پوشش می‌دهد. در پایان این فصل، تمام مهارت‌های اصلی لازم را یاد خواهید گرفت تا بتوانید با استفاده از این برد کارهای ارزشمندی ارائه کرده و با استفاده از این قطعه همه‌کاره و ارزان‌قیمت ساخت پروژه‌های سیستم‌های نهفته شخصی خود را آغاز کنید.

➤ **فصل ۱۴:** در این فصل برقراری ارتباط پیکو از طریق ماژول بلوتوث HC-06 را خواهید آموخت. بلوتوث یکی از محبوب‌ترین ابزارهای تبادل اطلاعات به‌صورت بی‌سیم برای فواصل کوتاه است. در این فصل پروژه‌ای را توسعه داده و نحوه اتصال ماژول بلوتوث HC-06 را با رزبری پای پیکو خواهید آموخت.

➤ **فصل ۱۵:** مبدل‌های دیجیتال به آنالوگ (DAC) برای تبدیل سیگنال‌های دیجیتال به شکل آنالوگ استفاده می‌شوند. چنین مبدل‌هایی کاربردهای زیادی در پردازش سیگنال دیجیتال (DSP) و کاربردهای کنترل دیجیتال دارند. در این فصل یاد خواهید گرفت که چگونه از تراشه محبوب DAC به نام MCP4921 با رزبری پای پیکو خود استفاده کنید تا برخی از شکل موج‌های سیگنال ساده ایجاد شود.

آنچه از این کتاب می‌آموزید

این کتاب با در نظر گرفتن طیف گسترده‌ای از خوانندگان نوشته شده است. این کتاب برای هرکسی که می‌خواهد بدون یادگیری یک زبان برنامه‌نویسی پیچیده شروع به ساخت

ح ■

پروژه‌های سخت‌افزاری با رزبری پای پیکو کند یا کسانی که می‌خواهند نحوه استفاده از اجزا، قطعات الکترونیکی و حسگرها را با رزبری پای پیکو یاد بگیرند، در نظر گرفته شده است. چه قبلاً با پروژه‌های مبتنی بر میکروکنترلر کار کرده باشید، یا یک دوره مقدماتی الکترونیک را گذرانده باشید یا حتی یک کتاب خوب در مورد رزبری پای خوانده باشید، از این کتاب مطالب زیادی یاد خواهید گرفت. بهتر از همه، اگر تابه‌حال خواستید راه‌حل‌های مبتنی بر میکروکنترلر خود را اجرا کنید، این کتاب همان چیزی است که نیاز دارید!

این کتاب برای هرکسی است که می‌خواهد یاد بگیرد که رزبری پای پیکو چگونه برای توسعه سیستم‌های نهفته به کار گرفته می‌شود. انتظار داریم که پایتون را از قبل بشناسید^۱، اما انتظار نداریم که یک متخصص در این زمینه باشید. به‌عنوان مثال، بسیاری از مطالب موجود در این کتاب به‌خوبی در یک فضای آموزشی کار می‌کنند؛ بنابراین به‌جای اینکه یک برنامه‌نویس حرفه‌ای باشید، ممکن است یک معلم یا خودآموخته باشید. هدف ما این است که مفاهیم، رهنمودها و ایده‌های موردنیاز شما را فراهم کنیم تا هنگام کار روی پروژه‌ها احساس اطمینان داشته باشید. از همه مهم‌تر، می‌خواهیم این کتاب سرگرم‌کننده و الهام‌بخش باشد. پس از خواندن این کتاب، امیدواریم که اشتیاق کافی را داشته باشید تا بتوانید اولین پروژه خود را مبتنی بر میکروپایتون بسازید.

این کتاب شما را وادار می‌کند در مورد چگونگی توسعه و اجرای پروژه‌های نهفته با استفاده از رزبری پای پیکو فکر کنید، نحوه استفاده و تعامل میکروپایتون با سخت‌افزار رزبری پای پیکو را به‌منظور تحقق انواع مختلف نتایج و رفتارهای متداول بررسی کنید و توسعه گروهی میکروپایتون را بر روی رزبری پای پیکو کشف کنید.

توجه به این نکته مهم است که میکروپایتون یک پروژه نسبتاً نوپا است. این فرصتی هیجان‌انگیز است تا ابزارها و زیرساخت‌ها ایجاد شود، ویژگی‌ها اضافه شده و اشکالات برطرف شود. با توجه به پیشرفت شدید میکروپایتون، در جوامع مختلف شور و شوق زیادی برای استفاده از میکروپایتون و پتانسیل نوظهور آن وجود دارد. برنامه‌نویسان پایتون

^۱ به‌عنوان مثال، با دستورات پایتون آشنا هستید، می‌دانید که چگونه یک تابع را تعریف کرده و فراخوانی کنید و می‌دانید چگونه می‌توانید جریان برنامه را در کد خود کنترل کنید.

در حال یادگیری چگونگی ایجاد پروژه‌ها با سخت‌افزارها و سیستم‌های نهفته هستند. توسعه‌دهندگان سیستم‌های نهفته این مساله را کشف کرده‌اند که چقدر استفاده از پایتون سرگرم‌کننده است و مربی‌ها در سراسر جهان میکروپایتون را به‌عنوان یک سکوی قانع‌کننده برای آموزش نحوه کدنویسی به کودکان مشاهده می‌کنند. علاوه بر این، از آنجایی که میکروپایتون یک پیاده‌سازی مجدد از پایتون است، وضعیت پایتون به‌عنوان یک زبان کامل با یک جامعه بین‌المللی از برنامه‌نویسان فعال را حفظ می‌کند.

به چه چیزهایی احتیاج دارید

این کتاب، میکروپایتون را از طریق برد رزبری پای پیکو معرفی کرده و توضیح می‌دهد.^۱ چنین تجهیزاتی با سایر رایانه‌ها بسیار متفاوت هستند. بیشتر رایانه‌ها حاوی بخش‌های زیادی از قبیل حافظه، ذخیره‌سازی و پردازش هستند که به‌طور فیزیکی شامل انواع تراشه‌های تخصصی جدا از هم می‌باشند. آنها همچنین ممکن است شامل قطعات اضافی برای صدا، گرافیک و قابلیت‌های شبکه باشند. چنین رایانه‌هایی به میزان قابل توجهی قدرت بیشتری نسبت به تجهیزات مبتنی بر میکروکنترلر با منابع محدود شده (که در این کتاب مورد استفاده قرار می‌گیرند) دارند.

این کتاب شامل یک آموزش برای برنامه‌نویسی پایتون نخواهد بود. تعداد زیادی از منابع برای هر برنامه‌نویس باتجربه و آشنا با پایتون و برنامه‌نویسان مبتدی که در ابتدای کدنویسی هستند وجود دارد. بسیاری از این منابع درباره پایتون به‌صورت آنلاین و رایگان در دسترس هستند. اگر کاملاً مبتدی هستید، به‌شدت توصیه می‌کنیم که یک کتاب در مورد برنامه‌نویسی پایتون را دم دست داشته باشید.

حتماً پایتون ۳ را یاد بگیرید و از پایتون ۲ خودداری کنید. پایتون ۲ نسخه قبلی زبان پایتون است که هنوز هم بسیار استفاده می‌شود اما از سال ۲۰۲۰ میلادی دیگر پشتیبانی

^۱ میکروپایتون بر روی میکروکنترلرهای مختلفی کار می‌کند. چندین مورد از بردهای مبتنی بر میکروپایتون در کتاب «میکروپایتون: پایتون برای میکروکنترلرها» تألیف و ترجمه از همین مؤلفان به نمایش گذاشته شده است. اگر یک نوع متفاوت از سیستم نهفته را دارید که میکروپایتون را اجرا می‌کند، اصول کلی بیان شده در این کتاب همچنان باقی است و انطباق مثال‌های کد موجود در این کتاب نسبتاً ساده است.

نمی‌شود. درحالی‌که پایتون ۲ و پایتون ۳ بسیار مشابه هستند و حتی ممکن است کد پایتونی بنویسید که روی هر دو نسخه کار کند، اما پایتون ۳ به‌طور فعال درحال توسعه بوده و شامل پیشرفت‌های بسیاری نسبت به پایتون ۲ است و ویژگی‌های جدید و مفیدی را شامل می‌شود که هرگز در پایتون ۲ در دسترس نبوده است. میکروپایتون پیاده‌سازی مجدد پایتون ۳ است و در مابقی این کتاب فرض بر این است که یک سطح اساسی از درک درباره دستورات و اصطلاحات پایتون ۳ را دارا هستید.

برای دنبال کردن پروژه‌های این کتاب به موارد زیادی نیاز خواهید داشت به همین دلیل می‌تواند پرهزینه باشد. به همین خاطر پیشنهاد می‌کنیم که برای شروع، موارد لازم برای کار کردن چند پروژه از کتاب را تهیه کنید و سپس مرحله‌به‌مرحله که پروژه‌ها را یاد گرفتید اقدام به تهیه وسایل موردنیاز برای پروژه‌های بعدی بکنید (در جدول زیر لیستی از قطعات و ماژول‌های الکترونیکی، بردهای پردازنده و رایانه‌های تک بردی نشان داده شده است). کدهای بسیاری از پروژه‌ها را نیز در داخل سایت بیتا پروژه^۱ برای استفاده بهینه شما عزیزان قرار داده‌ایم.

لیست قطعات موردنیاز

تعداد موردنیاز	قطعات و ماژول‌های الکترونیکی
۱۰ عدد	پین هدر
۸ عدد	LED قرمز رنگ
۸ عدد	مقاومت ۴۷۰ اهم
۲ عدد	دکمه فشاری
۱ عدد	LED آرجی بی
۲ عدد	نمایشگر هفت‌قسمتی دو رقمی (مانند DC56-11EWA)
۴ عدد	ترانزیستور NPN (مانند BC108, BC548)
۱ عدد	LCD
۱ عدد	پتانسیومتر ۱۰ کیلو اهم
۱ عدد	مقاومت‌های ۲۲۰ اهم، ۱ کیلو اهم، ۲ کیلو اهم، ۲/۲ کیلو اهم
۱ عدد	بازر

^۱ Www.BitaProject.Com

۱ عدد	حسگر اولتراسونیک HC-SR04
۲ عدد	حسگر دمای TMP36
۱ عدد	رله ۳/۳ ولت
۱ عدد	LDR
۲ عدد	مقاومت ۱۰ کیلو اهم
۱ عدد	KY-013
۱ عدد	KY-021
۱ عدد	KY-034
۱ عدد	دیود (مانند 1N4148)
۱ عدد	ماسفت IRL540
۱ عدد	موتور DC کوچک و جاروبک دار
۱ عدد	تراشه MCP23017
۱ عدد	تراشه MCP23S17
۱ عدد	ماژول BMP280
۱ عدد	حافظه 24LC256
۱ عدد	ماژول بلوتوث HC-06
۱ عدد	تراشه MCP4921
۱ عدد	بردبورد
۱۰ عدد	سیم‌های جامپر (دو طرف نر) با طول‌های مختلف
۱ عدد	کابل microUSB
بردهای پردازنده و رایانه تک بردی	
۱ عدد	رزبری پای پیکو
۱ عدد	ESP-01
۱ عدد	آردوینو UNO
۱ عدد	رزبری پای ۴ یا سایر نسخه‌های قدیمی‌تر

سرانجام مهم‌ترین چیزی که به آن احتیاج دارید کمی شور و علاقه و پشتکار برای یادگیری است. این کتاب می‌خواهد در شما ذوق و علاقه ایجاد کند و همچنین می‌خواهد در همین راستا از شما فردی خلاق و مبتکر بسازد. دستیابی به حداکثر میزان اطلاعات از این کتاب آسان بوده و به‌سادگی با پیروی از موارد زیر می‌توان به این هدف دست یافت:

- فصل‌های این کتاب را به‌طور کامل بخوانید. مثال‌ها را به دنبال دستورالعمل‌های گام‌به‌گام ذکر شده در کد به انجام برسانید. هیچ مثالی را امتحان نکرده کنار نگذارید. در صورت لزوم، مثال‌ها را دو بار تکرار کنید و یا تا زمانی که مفهوم در ذهن شما به‌خوبی جا بگیرد.
- به یک انجمن میکروپایتون بپیوندید.
- به یک انجمن رزبری پای پیکو بپیوندید.
- مستندات آنلاین موجود برای کار با میکروپایتون و رزبری پای پیکو را بخوانید.
- وبلاگ‌هایی که برنامه‌نویسی میکروپایتون و ساخت انواع پروژه با میکروپایتون و رزبری پای پیکو را پوشش می‌دهند مطالعه کنید.

کدهای کتاب، نرم‌افزارهای مربوطه و پشتیبانی

محیط توسعه Thonny در تمام پروژه‌های توضیح داده شده در این کتاب استفاده شده است. بیش از ده‌ها مورد مثال و ۶۰ پروژه آزمایش شده در این کتاب وجود دارد که موضوعاتی از قبیل نصب میکروپایتون بر روی رزبری پای پیکو با استفاده از رزبری پای یا رایانه شخصی، وقفه‌های تایمر و وقفه‌های خارجی، پروژه‌های مبدل آنالوگ به دیجیتال، استفاده از حسگر دمای داخلی و تراشه‌های حسگر دمای خارجی، پروژه‌های داده‌نگاری، پروژه‌های PWM، UART، I²C و SPI، استفاده از وای‌فای و بلوتوث برای برقراری ارتباط با تلفن‌های هوشمند و پروژه‌های مبدل دیجیتال به آنالوگ را پوشش می‌دهد.

تمام پروژه‌های ارائه شده در این کتاب به‌طور کامل تست شده و کار می‌کنند. برای پیگیری پروژه‌ها فقط به تجربه اولیه برنامه‌نویسی و الکترونیک نیاز است. توضیحات مختصر، بلوک دیاگرام، شماتیک مدار دقیق و لیست کامل برنامه‌های میکروپایتون برای تمامی پروژه‌ها شرح داده شده‌اند.

کدهای مربوط به این کتاب، موارد تکمیلی (کدهای نمونه، تمرین‌ها و غیره) و همچنین تعدادی از نرم‌افزارها و برنامه‌های مرتبط برای استفاده بهینه شما در داخل سایت بیتا پروژه (www.bitaproject.com) قرار داده شده است.

■ م

نظرات و پیشنهادهای خود را از طریق راههای ارتباطی زیر با ما در میان بگذارید. هرگونه انتقاد و پیشنهاد از سوی خوانندگان محترم مغتنم شمرده خواهد شد. برای اطلاعات بیشتر درباره کتابها، دورهها، کنفرانسها و اخبار ما، وبسایت ما را به آدرس بیتا پروژه مشاهده کنید.

❖ وبسایت: www.bitaproject.com و www.bitaproject.ir

❖ آدرس ایمیل: info@bitaproject.com

❖ اینستاگرام: [@bitaproject](https://www.instagram.com/bitaproject)

❖ کانال تلگرام: [@bitaproject](https://www.telegram.com/bitaproject)

❖ توییتر: [@bitaproject](https://www.twitter.com/bitaproject)

فهرست مطالب

۱	فصل ۱. آشنایی با رزبری پای پیکو
۲	۱-۱. بررسی اجمالی.....
۲	۲-۱. ماژول سخت‌افزار پیکو.....
۹	۳-۱. مقایسه با آردوینو UNO.....
۱۰	۴-۱. شرایط عملیاتی و تأمین انرژی پیکو.....
۱۲	۵-۱. پایه‌های میکروکنترلر RP2040 و ماژول پیکو.....
۱۴	۶-۱. میکروکنترلر چیست؟.....
۱۴	۷-۱. لحیم‌کاری هدرهای پیکو.....
۱۸	۸-۱. سایر بردهای مبتنی بر میکروکنترلر RP2040.....
۱۸	۱-۸-۱. RP2040 شرکت آدافروت به نام Feather.....
۱۹	۲-۸-۱. RP2040 شرکت آدافروت به نام ItsyBitsy.....
۱۹	۳-۸-۱. Pimoroni PicoSystem.....
۲۰	۴-۸-۱. آردوینو نانو RP2040.....
۲۱	۵-۸-۱. برد Thing Plus.....
۲۱	۶-۸-۱. برد Pimoroni Pico Explorer Base.....
۲۲	۷-۸-۱. برد MicroMod.....
۲۳	۸-۸-۱. برد Pro Micro.....
۲۳	۹-۸-۱. برد Pico RGB Base.....
۲۴	۱۰-۸-۱. برد Pico Omnibus.....
۲۵	۱۱-۸-۱. برد Pimoroni Pico VGA Demo Base.....
۲۶	۹-۱. جمع‌بندی.....
۲۷	فصل ۲. معرفی میکروپایتون
۲۸	۱-۲. شروع به کار با میکروپایتون.....

۲۹	۱-۱-۲	پیدایش میکروپایتون
۲۹	۲-۱-۲	کامپایل شده در مقابل تفسیر شده
۳۰	۳-۱-۲	ویژگی های میکروپایتون
۳۲	۴-۱-۲	محدودیت های میکروپایتون
۳۲	۵-۱-۲	آیا مهارت های پایتون من برای میکروپایتون قابل استفاده است؟
۳۳	۶-۱-۲	میکروپایتون روی چه چیزی اجرا می شود؟
۳۳	۷-۱-۲	یک میکروپایتون و تعداد زیادی برد
۳۴	۲-۲	آزمایش با پایتون روی رایانه شخصی
۳۵	۱-۲-۲	نصب پایتون ۳ روی ویندوز ۱۰
۳۸	۲-۲-۲	نصب پایتون ۳ روی macOS
۴۰	۳-۲-۲	نصب پایتون ۳ روی لینوکس
۴۰	۴-۲-۲	اجرای کنسول پایتون
۴۲	۵-۲-۲	اجرای برنامه های پایتون با مفسر
۴۴	۳-۲	نحوه انجام کار
۴۵	۱-۳-۲	عملیات فایل با یک ابزار
۴۷	۱-۱-۳-۲	عملیات فایل با Thonny
۵۰	۴-۲	اجرا با میکروپایتون
۶۰	۱-۴-۲	ذخیره کردن پروژه
۶۰	۵-۲	جمع بندی

فصل ۳. نحوه برنامه نویسی با میکروپایتون

۶۱		
۶۲	۱-۳	مفاهیم پایه
۶۳	۱-۱-۳	بلوک های کد
۶۴	۲-۱-۳	توضیحات
۶۵	۳-۱-۳	عملیات محاسباتی
۶۵	۲-۳	خروجی به صفحه نمایش
۶۸	۳-۳	متغیرها و عبارات
۷۰	۱-۳-۳	انواع

۷۱	..... ۲-۳-۳ ساختمان‌های داده پایه
۷۲	..... ۱-۲-۳-۳ لیست‌ها
۷۳	..... ۲-۲-۳-۳ تاپل‌ها
۷۴	..... ۳-۲-۳-۳ دیکشنری‌ها
۷۵	..... ۳-۳-۳ عبارات
۷۶	..... ۱-۳-۳-۳ عبارات شرطی
۷۷	..... ۲-۳-۳-۳ حلقه‌ها
۷۹	..... ۴-۳ ماژولار سازی
۷۹	..... ۱-۴-۳ گنجاندن ماژول‌ها
۷۹	..... ۲-۴-۳ توابع
۸۱	..... ۳-۴-۳ کلاس‌ها و اشیاء
۸۱	..... ۱-۳-۴-۳ اصطلاحات برنامه‌نویسی شیء‌گرا (OOP)
۸۳	..... ۲-۳-۴-۳ نحوه تعریف شیء در پایتون
۹۰	..... ۵-۳ جمع‌بندی

فصل ۴. پشتیبانی سخت‌افزار سطح پایین

۹۱	..... ۱-۴ کتابخانه‌های میکروپایتون
۹۲	..... ۱-۱-۴ کتابخانه‌های داخلی و استاندارد
۱۰۴	..... ۲-۱-۴ توابع و کلاس‌های داخلی
۱۰۸	..... ۳-۱-۴ استثناها
۱۱۳	..... ۴-۱-۴ کتابخانه‌های مخصوص میکروپایتون
۱۱۳	..... ۱-۴-۱-۴ machine
۱۱۵	..... ۲-۴-۱-۴ کتابخانه‌های سفارشی
۱۱۸	..... ۵-۱-۴ کتابخانه‌های سطح پایین
۱۲۰	..... ۲-۴ کار با سخت‌افزار سطح پایین
۱۲۱	..... ۱-۲-۴ درایورها و کتابخانه‌های آماده
۱۲۳	..... ۳-۴ جمع‌بندی

فصل ۵. برنامه نویسی رزبری پای پیکو

۱۲۵

- ۱-۵. نصب میکروپایتون بر روی پیکو..... ۱۲۵
- ۱-۱-۵. استفاده از رزبری پای ۴ برای نصب میکروپایتون بر روی پیکو... ۱۲۶
- ۲-۱-۵. استفاده از ویرایشگر متن Thonny از طریق رزبری پای..... ۱۲۹
- ۳-۱-۵. استفاده از رایانه شخصی برای نصب میکروپایتون بر روی پیکو.. ۱۳۴
- ۲-۵. مثال‌های برنامه‌نویسی..... ۱۳۸
- ۱-۲-۵. مثال ۱ (میانگین دو عدد خوانده‌شده از صفحه‌کلید)..... ۱۳۹
- ۲-۲-۵. مثال ۲ (میانگین ۱۰ عدد خوانده‌شده از صفحه‌کلید)..... ۱۳۹
- ۳-۲-۵. مثال ۳ (مساحت سطح یک استوانه)..... ۱۴۰
- ۴-۲-۵. مثال ۴ (تبدیل درجه سانتی‌گراد به درجه فارنهایت)..... ۱۴۱
- ۵-۲-۵. مثال ۵ (محاسبه مساحت سطح و حجم یک استوانه)..... ۱۴۲
- ۶-۲-۵. مثال ۶ (محاسبه مربع‌های اعداد)..... ۱۴۳
- ۷-۲-۵. مثال ۷ (جدول سینوس مثلثاتی)..... ۱۴۴
- ۸-۲-۵. مثال ۸ (جدول سینوس، کسینوس و تانژانت مثلثاتی)..... ۱۴۴
- ۹-۲-۵. مثال ۹ (تابع مثلثاتی یک زاویه موردنیاز)..... ۱۴۵
- ۱۰-۲-۵. مثال ۱۰ (محاسبه معادل مقاومت‌های سری و موازی)..... ۱۴۶
- ۱۱-۲-۵. مثال ۱۱ (کلمات به ترتیب معکوس)..... ۱۴۸
- ۱۲-۲-۵. مثال ۱۲ (ماشین حساب)..... ۱۴۹
- ۱۳-۲-۵. مثال ۱۳ (شبیه‌سازی تاس)..... ۱۵۰
- ۱۴-۲-۵. مثال ۱۴ (مرتب‌سازی لیست‌ها)..... ۱۵۰
- ۱۵-۲-۵. مثال ۱۵ (پردازش فایل (نوشتن))..... ۱۵۱
- ۱۶-۲-۵. مثال ۱۶ (پردازش فایل (خواندن))..... ۱۵۱
- ۱۷-۲-۵. مثال ۱۷ (محاسبه مربع و مکعب اعداد)..... ۱۵۲
- ۱۸-۲-۵. مثال ۱۸ (جدول زمانی)..... ۱۵۲
- ۱۹-۲-۵. مثال ۱۹ (بررسی فرد یا زوج بودن یک عدد)..... ۱۵۳
- ۲۰-۲-۵. مثال ۲۰ (باینری، اکتال و هگزادسیمال)..... ۱۵۳
- ۲۱-۲-۵. مثال ۲۱ (جمع دو ماتریس)..... ۱۵۴
- ۳-۵. جمع‌بندی..... ۱۵۵

- ۱-۶. پروژه ۱ (چراغ چشمک زن با استفاده از LED روی برد)..... ۱۵۷
- ۲-۶. پروژه ۲ (LED چشمک زن خارجی)..... ۱۶۰
- ۳-۶. پروژه ۳ (پیام اضطراری به صورت کد مورس)..... ۱۶۲
- ۴-۶. پروژه ۴ (LED چشمک زن با استفاده از تایمر)..... ۱۶۴
- ۵-۶. پروژه ۵ (LED های چشمک زن به صورت متناوب)..... ۱۶۴
- ۶-۶. پروژه ۶ (تغییر سرعت چشمک زدن LED با استفاده از وقفه های دکمه ای)..... ۱۶۶
- ۱-۶-۶. استفاده از مقاومت های بالاکش داخلی..... ۱۶۹
- ۷-۶. پروژه ۷ (LED های قرمز، سبز و آبی (RGB) چشمک زن)..... ۱۷۰
- ۸-۶. پروژه ۸ (LED های RGB چشمک زن به طور تصادفی)..... ۱۷۲
- ۹-۶. پروژه ۹ (LED های چرخشی)..... ۱۷۳
- ۱۰-۶. پروژه ۱۰ (LED های شمارش باینری)..... ۱۷۵
- ۱۱-۶. پروژه ۱۱ (۸ عدد LED چشمک زن تصادفی)..... ۱۷۸
- ۱۲-۶. پروژه ۱۲ (تاس الکترونیکی)..... ۱۸۰
- ۱۳-۶. پروژه ۱۳ (روز شانس هفته)..... ۱۸۳
- ۱۴-۶. پروژه ۱۴ (زنگ در با LED چشمک زن ۷ رنگ)..... ۱۸۵
- ۱۵-۶. پروژه ۱۵ (نمایشگر ۲ رقمی هفت قسمتی)..... ۱۸۹
- ۱۶-۶. پروژه ۱۶ (ثانیه شمار ۴ رقمی با نمایشگر هفت قسمتی)..... ۱۹۹
- ۱۷-۶. پروژه ۱۷ (تعامل با LCD)..... ۲۰۴
- ۱-۱۷-۶. ماژول HD44780..... ۲۰۵
- ۲-۱۷-۶. توابع LCD برای نمایش متن..... ۲۰۸
- ۱۸-۶. پروژه ۱۸ (ثانیه شمار با LCD)..... ۲۱۲
- ۱-۱۸-۶. ذخیره توابع LCD در یک کتابخانه ماژول..... ۲۱۲
- ۱۹-۶. پروژه ۱۹ (تایمر واکنشی با LCD)..... ۲۱۳
- ۲۰-۶. پروژه ۲۰ (اندازه گیری فاصله با اولتراسونیک)..... ۲۱۵
- ۱-۲۰-۶. حسگرهای اولتراسونیک..... ۲۱۶
- ۲۱-۶. پروژه ۲۱ (اندازه گیری قد یک فرد)..... ۲۲۰

- ۲۲-۶. پروژه ۲۲ (کمک پارک اولتراسونیک با بازر)..... ۲۲۱
- ۲۳-۶. جمع‌بندی..... ۲۲۳

فصل ۷. استفاده از مبدل‌های آنالوگ به دیجیتال ۲۲۵

- ۱-۷. پروژه ۲۳ (ساخت ولت‌متر)..... ۲۲۶
- ۱-۱-۷. نمایش ولتاژ روی LCD..... ۲۲۷
- ۲-۷. پروژه ۲۴ (اندازه‌گیری دما با استفاده از حسگر دمای داخلی)..... ۲۲۸
- ۳-۷. پروژه ۲۵ (اندازه‌گیری دما با استفاده از یک حسگر دمای خارجی)..... ۲۲۹
- ۴-۷. پروژه ۲۶ (کنترل‌کننده دما)..... ۲۳۰
- ۵-۷. پروژه ۲۷ (کنترل‌کننده دمای روشن و خاموش با LCD)..... ۲۳۳
- ۶-۷. پروژه ۲۸ (اندازه‌گیری شدت نور محیط)..... ۲۳۶
- ۱-۶-۷. کالیبراسیون..... ۲۳۸
- ۷-۷. پروژه ۲۹ (ساخت اهم‌متر)..... ۲۳۸
- ۸-۷. پروژه ۳۰ (اندازه‌گیری دمای داخلی و خارجی)..... ۲۴۰
- ۹-۷. پروژه ۳۱ (استفاده از ترمیستور برای اندازه‌گیری دما)..... ۲۴۲
- ۱۰-۷. جمع‌بندی..... ۲۴۷

فصل ۸. ثبت داده‌ها ۲۴۹

- ۱-۸. پروژه ۳۲ (ثبت اطلاعات دما)..... ۲۴۹
- ۲-۸. پروژه ۳۳ (خواندن داده‌های ثبت شده)..... ۲۵۱
- ۳-۸. جمع‌بندی..... ۲۵۲

فصل ۹. مدولاسیون عرض پالس ۲۵۳

- ۱-۹. نظریه پایه مدولاسیون عرض پالس..... ۲۵۳
- ۱-۱-۹. کانالهای PWM در پیکو..... ۲۵۵
- ۲-۹. پروژه ۳۴ (ایجاد شکل موج PWM با فرکانس ۱۰۰ هرتز و چرخه کلیدزنی ۵۰٪)..... ۲۵۷
- ۳-۹. پروژه ۳۵ (تغییر روشنایی یک LED)..... ۲۵۸

۲۵۸.....	۴-۹. پروژه ۳۶ (تغییر سرعت یک موتور DC دارای جاروبک)
۲۶۰.....	۵-۹. پروژه ۳۷ (مولد فرکانس با LCD)
۲۶۲.....	۶-۹. پروژه ۳۹ (اندازه گیری فرکانس و چرخه کلید زنی یک شکل موج PWM)
۲۶۳.....	۷-۹. پروژه ۳۹ (ساخت ملودی)
۲۶۶.....	۸-۹. جمع بندی

فصل ۱۰. ارتباط سریال (UART) ۲۶۷

۲۷۰.....	۱-۱۰. پورتهای سریال رزبری پای پیکو
۲۷۱.....	۲-۱۰. پروژه ۴۰ (ارسال دمای داخلی پیکو به یک آردوینو UNO)
۲۷۴.....	۳-۱۰. پروژه ۴۱ (دریافت و نمایش اعداد از آردوینو UNO)
۲۷۶.....	۴-۱۰. پروژه ۴۲ (ارتباط با رزبری پای ۴ از طریق ارتباط سریال)
۲۷۷.....	۱-۴-۱۰. پورت سریال رزبری پای
۲۸۰.....	۵-۱۰. جمع بندی

فصل ۱۱. رابط گذرگاه I²C ۲۸۱

۲۸۱.....	۱-۱۱. گذرگاه I ² C
۲۸۴.....	۱-۱-۱۱. پین های I ² C در رزبری پای پیکو
۲۸۵.....	۲-۱۱. پروژه ۴۳ (توسعه دهنده پورت I ² C)
۲۸۵.....	۱-۲-۱۱. تراشه MCP23017
۲۹۰.....	۳-۱۱. پروژه ۴۴ (تعامل با حافظه EEPROM)
۲۹۰.....	۱-۳-۱۱. حافظه 24LC256
۲۹۱.....	۲-۳-۱۱. شماتیک مداری
۲۹۲.....	۳-۳-۱۱. عملیات نوشتن در حافظه
۲۹۴.....	۴-۳-۱۱. عملیات خواندن از حافظه
۲۹۶.....	۴-۱۱. پروژه ۴۵ (ارتباط با حسگر دمای TMP102)
۲۹۶.....	۱-۴-۱۱. تراشه TMP102
۳۰۳.....	۵-۱۱. پروژه ۴۶ (ارتباط با حسگر دما و فشار اتمسفر BMP280)
۳۰۳.....	۱-۵-۱۱. تراشه BMP280

- ۳۰۸.....۲-۵-۱۱. برنامه خواندن BMP280 در یک ماژول.....
- ۳۱۰.....۶-۱۱. پروژه ۴۷ (نمایش دما و فشار اتمسفر BMP280 بر روی LCD).....
- ۳۱۲.....۷-۱۱. جمع‌بندی.....

۳۱۳ فصل ۱۲. رابط گذرگاه SPI

- ۳۱۳.....۱-۱۲. مروری بر مبانی گذرگاه SPI.....
- ۳۱۶.....۱-۱-۱۲. پورت‌های SPI در رزبری پای پیکو.....
- ۳۱۷.....۲-۱۲. پروژه ۴۸ (توسعه‌دهنده پورت SPI).....
- ۳۱۷.....۱-۲-۱۲. تراشه MCP23S17.....
- ۳۲۳.....۳-۱۲. جمع‌بندی.....

۳۲۵ فصل ۱۳. وای‌فای با رزبری پای پیکو

- ۳۲۵.....۱-۱۳. پروژه ۴۹ (کنترل LED از طریق تلفن هوشمند با استفاده از وای‌فای).....
- ۳۳۰.....۱-۱-۱۳. تست برنامه.....
- ۳۳۳.....۲-۱۳. پروژه ۵۰ (نمایش دمای داخلی بر روی گوشی هوشمند با استفاده از وای‌فای).....
- ۳۳۵.....۱-۲-۱۳. تست برنامه.....
- ۳۳۸.....۳-۱۳. جمع‌بندی.....

۳۳۹ فصل ۱۴. بلوتوث با رزبری پای پیکو

- ۳۴۰.....۱-۱۴. رابط بلوتوث برای رزبری پای پیکو.....
- ۳۴۰.....۲-۱۴. پروژه ۵۱ (کنترل یک LED از طریق تلفن هوشمند با استفاده از بلوتوث).....
- ۳۴۰.....۱-۲-۱۴. ماژول بلوتوث HC-06.....
- ۳۴۳.....۲-۲-۱۴. تست برنامه.....
- ۳۴۵.....۳-۱۴. پروژه ۵۲ (ارسال دمای داخلی پیکو به تلفن هوشمند).....
- ۳۴۷.....۴. جمع‌بندی.....

فصل ۱۵. تعامل با مبدل‌های دیجیتال به آنالوگ

۳۴۹

- ۱-۱۵. تراشه MCP4921..... ۳۴۹
- ۲-۱۵. پروژه ۵۳ (تولید سیگنال موج مربعی با دامنه زیر ۳/۳ ولت)..... ۳۵۱
- ۳-۱۵. پروژه ۵۴ (استفاده از وقفه تایمر برای زمان‌بندی دقیق)..... ۳۵۴
- ۴-۱۵. پروژه ۵۵ (تولید ولتاژهای ثابت)..... ۳۵۵
- ۵-۱۵. پروژه ۵۶ (تولید سیگنال دندان اره‌ای)..... ۳۵۷
- ۶-۱۵. پروژه ۵۷ (تولید سیگنال مثلثی)..... ۳۵۸
- ۷-۱۵. پروژه ۵۹ (تولید شکل موج پریودیک دلخواه)..... ۳۶۰
- ۸-۱۵. پروژه ۶۰ (تولید موج سینوسی)..... ۳۶۲
- ۹-۱۵. پروژه ۶۱ (تولید موج سینوسی دقیق با استفاده از وقفه‌های تایمر)..... ۳۶۵
- ۱۰-۱۵. جمع‌بندی..... ۳۶۷

۳۶۹

منابع و مآخذ

