



مقدمه‌ای بر

مکاترونیک



علی اکبر پیرمحمدی

فهرست مطالب

۱	مروری بر قطعات الکترونیکی پر کاربرد	۱
۱	مقدمه	۱.۱
۲	مقاومت	۲.۱
۳	تقسیم ولتاژ با مقاومت	۱.۲.۱
۳	مقاومت پول آپ و پول دان	۲.۲.۱
۵	مقاومت متغیر	۳.۲.۱
۶	مقاومت متغیر دیجیتال	۴.۲.۱
۶	دیودها	۳.۱
۷	دیود یک سوساز معمولی	۱.۳.۱
۸	تبدیل جریان متناوب به جریان مستقیم	۱.۱.۳.۱
۹	دیود هرزگرد	۲.۱.۳.۱
۱۰	دیود زبر	۲.۳.۱
۱۳	ترانزیستورها	۴.۱
۱۴	ترانزیستورهای پیوند دوقطبی	۱.۴.۱
۱۴	ترانزیستورهای NPN	۱.۱.۴.۱
۱۸	ترانزیستورهای PNP	۲.۱.۴.۱
۱۹	ترانزیستورهای اثرمیدان	۲.۴.۱
۲۰	ماسفت های افزایشی کانال N	۱.۲.۴.۱
۲۳	ماسفت های افزایشی کانال P	۲.۲.۴.۱
۲۴	فتوترانزیستور	۳.۴.۱
۲۵	شمارنده های نوری	۱.۳.۴.۱
۲۶	رابط های نوری	۲.۳.۴.۱

۲۷	تقویت‌کننده‌های عملیاتی (آپ‌امپ)	۵.۱
۲۹	آپ‌امپ به‌عنوان دنبال‌کننده ولتاژ	۱.۵.۱
۳۰	مدار آپ‌امپی تقویت‌کننده	۲.۵.۱
۳۱	مدار آپ‌امپی تقویت‌کننده و معکوس‌کننده	۳.۵.۱
۳۱	مدار آپ‌امپی جمع‌کننده	۴.۵.۱
۳۲	تقویت‌کننده تفاضلی	۵.۵.۱
۳۴	مدار آپ‌امپی انتگرال‌گیر	۶.۵.۱
۳۵	مدار آپ‌امپی مشتق‌گیر	۷.۵.۱
۳۵	کاربرد آپ‌امپ در مدارات کنترل	۸.۵.۱
۳۶	تنظیم‌کننده‌های ولتاژ	۶.۱
۳۶	تراشه‌های تنظیم ولتاژ	۱.۶.۱
۳۸	ماژول‌های تنظیم ولتاژ	۲.۶.۱
۳۹	راه‌اندازهای موتور	۷.۱
۳۹	تراشه L298	۱.۷.۱
۴۰	راه‌اندازهای دیگر	۲.۷.۱

۴۳	۲ میکروکنترلرها و بُردهای آردوینو
۴۳	۱.۲ مقدمه
۴۴	۱.۱.۲ ساختمان میکروکنترلر
۴۴	۲.۱.۲ انواع میکروکنترلرها
۴۵	۳.۱.۲ روش کار با میکروکنترلرها
۴۷	۲.۲ آردوینو
۴۷	۱.۲.۲ بررسی سخت‌افزاری آردوینو
۴۹	۲.۲.۲ انواع آردوینو
۵۰	۳.۲.۲ شروع با آردوینو
۵۲	۴.۲.۲ توابع آردوینو
۵۲	۵.۲.۲ ورودی و خروجی دیجیتال
۵۲	۱.۵.۲.۲ خروجی دیجیتال
۵۴	۲.۵.۲.۲ ورودی دیجیتال
۵۷	۶.۲.۲ ورودی آنالوگ
۵۸	۱.۶.۲.۲ ولتاژ مرجع آنالوگ

۵۸	دقت مبدل آنالوگ به دیجیتال	۲.۶.۲.۲
۶۰	خروجی آنالوگ	۷.۲.۲
۶۴	وقفه‌ها	۸.۲.۲
۶۵	نحوه عملکرد وقفه	۱.۸.۲.۲
۶۶	پین‌های قابل استفاده برای وقفه	۲.۸.۲.۲
۶۶	توابع مرتبط با وقفه	۳.۸.۲.۲
۷۰	لرزش کلید	۴.۸.۲.۲
۷۲	ارتباط میکروکنترلر با سایر سخت‌افزارها	۹.۲.۲
۷۲	ارتباط سریال UART	۱.۹.۲.۲
۷۴	شروع UART در آردوینو	۲.۹.۲.۲
۷۵	ارسال اطلاعات با روش UART در آردوینو	۳.۹.۲.۲
۷۶	مشاهده خروجی برنامه آردوینو روی کامپیوتر	۴.۹.۲.۲
۷۸	دریافت اطلاعات با روش UART در آردوینو	۵.۹.۲.۲
۷۹	ارسال و دریافت اعداد به روش سریال	۶.۹.۲.۲
۸۲	ارتباط I2C	۷.۹.۲.۲
۸۴	I2C در آردوینو	۸.۹.۲.۲
۸۷	ارتباط SPI	۹.۹.۲.۲
۸۸	ارتباط SPI در آردوینو	۱۰.۹.۲.۲

۳ ارتباط با رایانه و سخت‌افزار در حلقه

۹۳	مقدمه	۱.۳
۹۴	انواع متغیرها و نحوه قرارگیری آن‌ها در حافظه	۲.۳
۹۸	ارسال و دریافت اطلاعات به شکل دودویی	۳.۳
۱۰۰	نکاتی دیگر برای تبادل اطلاعات	۴.۳
۱۰۴	ارتباط با متلب	۵.۳
۱۰۸	سیمولینک	۶.۳
۱۰۹	ساختار سیمولینک	۱.۶.۳
۱۱۱	ارتباط سریال با سیمولینک	۲.۶.۳

۴ ابزارهای اندازه‌گیری

۱۱۹	مقدمه	۱.۴
۱۲۰	ابزارهای تشخیص مانع	۲.۴

۱۲۱	میکروسوئیچ	۱.۲.۴
۱۲۲	حسگرهای غیرتماسی مانع	۲.۲.۴
۱۲۲	حسگرهای انعکاسی مانع	۳.۲.۴
۱۲۵	ابزارهای اندازه‌گیری جابجایی	۳.۴
۱۲۵	پتانسیومتر: ابزار اندازه‌گیری موقعیت	۱.۳.۴
۱۲۸	انکودر افزایشی	۲.۳.۴
۱۲۹	ساختمان انکودرهای نوری	۱.۲.۳.۴
۱۳۰	انواع خروجی در انکودرها	۲.۲.۳.۴
۱۳۵	محاسبه زاویه با پالس‌های انکودر	۳.۲.۳.۴
۱۳۹	انکودر مطلق	۳.۳.۴
۱۴۱	ابزارهای اندازه‌گیری با خروجی سریال I2C	۴.۴
۱۴۵	ابزارهای دارای ارتباط UART	۵.۴
۱۴۵	ماژول سریال بلوتوث	۱.۵.۴

۱۵۱	انواع محرک‌ها	۵
۱۵۱	مقدمه	۱.۵
۱۵۱	موتورهای پله‌ای	۲.۵
۱۵۲	اساس کار موتورهای پله‌ای	۱.۲.۵
۱۵۳	موتورهای تک‌قطبی و دوقطبی	۲.۲.۵
۱۵۵	تعداد سیم‌های موتور پله‌ای	۳.۲.۵
۱۵۶	راه‌اندازی موتورهای پله‌ای	۴.۲.۵
۱۵۶	راه‌اندازی موجی	۱.۴.۲.۵
۱۵۹	راه‌اندازی پله کامل	۲.۴.۲.۵
۱۶۰	راه‌اندازی نیم‌پله	۳.۴.۲.۵
۱۶۲	راه‌اندازی ریزپله	۴.۴.۲.۵
۱۶۲	راه‌اندازی نیم پله موتور دوقطبی دوفاز	۵.۴.۲.۵
۱۶۴	درایورهای موتورهای پله‌ای	۵.۲.۵
۱۶۸	سروموتورها	۳.۵
۱۶۹	سرو موتورهای ساده کنترل موقعیت	۱.۳.۵
۱۷۲	سروموتورهای صنعتی	۲.۳.۵

۱۷۵	۶	کنترل سیستم‌های خطی
۱۷۵	۱.۶	مقدمه
۱۷۶	۲.۶	کنترل خطی کلاسیک
۱۷۶	۱.۲.۶	مدل‌سازی و تابع تبدیل
۱۸۶	۲.۲.۶	کاربرد تابع تبدیل
۱۹۲	۳.۲.۶	مدل‌سازی و نمودار جعبه‌ای
۱۹۷	۱.۳.۲.۶	رسم نمودار جعبه‌ای در سیمولینک
۱۹۸	۴.۲.۶	روش‌های کنترل
۲۰۱	۱.۴.۲.۶	کنترل‌کننده تناسبی
۲۰۶	۲.۴.۲.۶	کنترل‌کننده تناسبی و مشتقی
۲۰۸	۳.۴.۲.۶	کنترل‌کننده انتگرالی
۲۱۰	۴.۴.۲.۶	کنترل‌کننده تناسبی، مشتقی و انتگرالی (PID)
۲۱۰	۳.۶	کنترل خطی در فضای حالت
۲۱۱	۱.۳.۶	مدل‌سازی در فضای حالت
۲۱۸	۲.۳.۶	کنترل سیستم‌های خطی در فضای حالت
۲۱۹	۱.۲.۳.۶	جای‌دهی قطب
۲۲۶	۲.۲.۳.۶	کنترل بهینه مرتبه دو
۲۲۹	۷	پیاده‌سازی کنترل‌کننده‌ها در سیستم‌های مکترونیکی
۲۲۹	۱.۷	مقدمه
۲۲۹	۲.۷	استفاده از میکروکنترلر
۲۳۲	۳.۷	استفاده از قطعات الکترونیکی
۲۳۳	۱.۳.۷	کنترل‌کننده تناسبی
۲۳۳	۲.۳.۷	کنترل‌کننده انتگرالی
۲۳۴	۳.۳.۷	کنترل‌کننده تناسبی انتگرالی
۲۳۵	۴.۳.۷	کنترل‌کننده تناسبی مشتقی
۲۳۵	۵.۳.۷	کنترل‌کننده تناسبی انتگرالی مشتقی
۲۳۶	۶.۳.۷	جبران‌سازهای پیش‌فاز یا پس‌فاز
۲۳۸	۴.۷	استفاده از قطعات مکانیکی
۲۳۸	۱.۴.۷	شیرهای هیدرولیک
۲۴۰	۲.۴.۷	عملگر تناسبی هیدرولیکی

۳.۴.۷	عملگر تناسبی، انتگرالی	۲۴۱
۴.۴.۷	عملگر هیدرولیکی تناسبی، مشتقی	۲۴۳
۵.۴.۷	عملگر هیدرولیکی تناسبی، انتگرالی، مشتقی	۲۴۵



Introduction to ***Mechatronics***

A.A. Pirmohamadi

با مطالعه این کتاب، به منظور طراحی و اجرای پروژه‌های مکاترونیکی، توسط مثال‌های عملی با قطعات الکترونیکی مانند مقاومت، خازن، انواع دیود، انواع ترانزیستور، آپ‌امپ، اپتوکوپلر و... آشنا شوید. برنامه نویسی با آردوینو را یاد بگیرید و با اتصال انواع سنسورها به آردوینو اطلاعات را دریافت کنید. به صورت هدفمند کار با متلب و سیمولینک را تمرین کنید و آردوینو را به صورت حرفه‌ای به کامپیوتر متصل کرده و با متلب تبادل اطلاعات کنید. روش راه‌اندازی موتورهای پله‌ای یا استپر موتورها و سروموتورها را بیاموزید و با آردوینو آنها را راه‌اندازی کنید. مدل‌سازی سیستم‌های دینامیکی را تمرین کنید، معادلات حاکم بر سیستم‌ها را با روش‌های دینامیک نیوتنی یا لاگرانژی به دست آورید و در شبیه‌سازی یا کنترل از آنها استفاده کنید. با یادگیری انواع روش‌های کنترل مانند PID و LQR، برای انجام پروژه‌های پیشرفته مکاترونیک آماده شوید.