دکمه از پایه‌ای‌ترین قطعات الکترونیکی است که یادگیری آن مفاهیم پایه‌ای ضروری و مفیدی را در بردارد. همان طور که می‌دانید دکمه وظیفه قطع و وصل کردن دو نقطه از مدار را دارد. همین حالت صفر و یکی کمک می‌کند تا بتوانیم حالت‌های مدار خودمان را عوض کنیم.



کارکرد

همان طور که در شکل می‌بینید دکمه قطعه‌ای مکانیکی است که با فشردن آن مدار بین دو پایه‌ی آن برقرار می‌شود یعنی جریان در این مسیر برقرار می‌شود. اما اتفاق دیگری که میفتد و برای ما از دید میکروکنترلری اهمیت دارد، هم‌پتانسیل‌شدن دو سر کلید است. فرض کنیم مدار طوری است که با هم‌پتانسیل‌شدن دو سر کلید، پتانسیل یکی از سرها با حالت قبلی‌اش متفاوت شود. در این وضعیت، می‌توانیم با اندازه‌گیری پیوسته پتانسیل آن نقطه متوجه تغییر در وضعیت مدار شویم. اما حالا دو سوال مطرح می‌شود: یک اینکه مدار را چگونه ببندیم تا این وضعیت فراهم شود و دو اینکه چگونه از پتانسیل آن نقطه با خبر شویم؟

شکل مناسب

ما ابتدا به جواب سوال دوم می‌پردازیم. آردوینو می‌تواند پتانسیل الکتریکی هر نقطه از مدار را برای ما آشکار کند که این توانایی به دو صورت آنالوگ و دیجیتال است. آنالوگ یعنی اندازه‌گیری پتانسیل به صورت پیوسته و دیجیتال یعنی این اندازه‌گیری به صورت گسسته و صفر و یکی. در این بخش دیجیتال را بررسی می‌کنیم و بعدا مفصلا به آنالوگ خواهیم پرداخت.

دیجیتال

در مدار منطقی دو وضعیت منطقی صفر و یک وجود دارد. این دو وضعیت را می‌توان به هر دو حالت متضاد در دنیای فیزیکی همانند کرد، مثلا وجود یا نبود جریان در مدار و پر یا خالی بودن لیوان. اما در مدارات دیجیتال این دسته‌بندی بر مبنای ولتاژ صورت می‌گیرد. این مدارها عموما بین صفر ولت (Gnd) تا ولتاژ حداکثری 5 ولت (Vcc) یا در برخی موارد 3.3 ولت کار می‌کنند. بر همین مبنا، وضعیت نقطه‌ای را که دارای حداکثر ولتاژ است، یک، True یا High می‌گیریم و نقطه‌ای از مدار را که ولتاژ صفر ولت دارد، صفر، False یا LOW می‌گوییم.

این گونه از متغیر را در آردوینو با نماد bool یا boolean نشان می‌دهیم که می‌تواند 0 یا 1 ، True یا False و HIGH یا LOW باشد.

خواندن دیجیتال

حال که مفهوم دیجیتال را فهمیدیم، به جواب سوالمان می‌پردازیم. در تمام بردهای آردوینو، پین‌هایی با عنوان دیجیتال وجود دارند که یکی از وظایف آن‌ها تشخیص حالت منطقی نقاط مدار است که با اتصال پین به هر نقطه و چند دستور نرم‌افزاری می‌توان این کار را انجام داد.

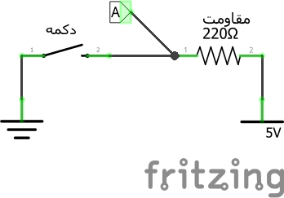
دستورهای مورد نیاز عبارتند از تعریف pinMode آن پین به روی حالت INPUT و استفاده از دستور digitalRead() برای خواندن وضعیت. یک نمونه کد ساده و مدار آن را در زیر می‌بینید.



دستور digitalRead() با گرفتن یک پین دیجیتال مقدار منطقی آن پین را به ما برمی‌گرداند.

مدار با مقاومت Pull-up

مدار زیر را در نظر بگیرید. قبل از فشردن کلید، مدار وصل نیست یعنی جریانی در مدار وجود ندارد. به همین دلیل تمام نقاط متصل به Vcc، پتانسیل یکسان 5 ولت را دارند که این شامل نقطه‌ی A نیز می‌شود. وقتی کلید را فشار می‌دهیم، مدار متصل و جریان در آن برقرار می‌شود. به دلیل وجود جریان، پتانسیل دو سر مقاومت طبق قانون اهم متفاوت می‌شود. پس پتانسیل A دیگر 5 ولت نیست. اما اگر دقت کنیم، می‌بینیم این نقطه در حالت کلید فشرده مستقیما به زمین مدار متصل است، پس پتانسیل آن صفر است.

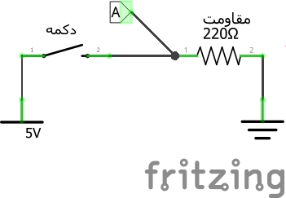


بنابراین، با این مدار توانستیم دو حالت صفر و یک مدار منطقی را پیاده کنیم و با اتصال نقطه‌ی A به یکی از پین‌های دیجیتال و با استفاده از دستور digitalRead() ، این حالت‌ها را ردیابی می‌کنیم.

به مقاومتی که به Vcc مدار وصل باشد، مقاومت Pull-up می‌گویند.

مدار با مقاومت Pull-down

اکنون به مدار زیر توجه کنید. در این مدار، مقاومت به جای وصل بودن به Vcc به زمین (Gnd) متصل است. به این مقاومت، مقاومت Pull-down می‌گویند. با کمی تحلیل مثل مدار قبل متوجه می‌شویم عملکرد این دو مدار شبیه یکدیگر است، با این تفاوت که در حالت مدار باز وضعیت منطقی A، یک و در حالت مدار متصل وضعیت منطقی آن صفر است.



اهمیت وجود مقاومت

تا اینجا توانستیم به خواسته‌ی خود یعنی پیاده‌سازی صفر و یک منطقی در مدار برسیم. اما سوالی که پیش می‌آید این است که دلیل وجود مقاومت‌ها چیست؟ به بیان دیگر، اگر نباشند چه اتفاقی برای مدار می‌افتد؟ مشکلی که به وجود خواهد آمد، معین نبودن وضعیت منطقی نقطه‌ی A خواهد بود.

مدار دوم را در نظر بگیرید و فرض کنید مقاومتی نیست. در حالت مدار باز، مشکلی وجود ندارد و وضعیت منطقی A یک است. اما اگر کلید وصل شود، این نقطه مستقیما به هر دو پتانسیل 5 ولت و صفر ولت متصل خواهد بود یعنی نمی‌توان برای آن وضعیت ثابتی در نظر گرفت. از سوی دیگر، مشکل بزرگتری که ایجاد خواهد شد، جاری شدن جریان بسیار زیاد به دلیل اتصال کوتاه Vcc و Gnd خواهد بود که به شدت به مدار آسیب فیزیکی می‌زند که باید از این نوع مدار به شدت پرهیز کرد. همین شرایط برای مدار یک نیز امکان‌پذیر است.

نویز

یکی از مشکلات اساسی دکمه و به طور کلی هر گونه وسیله‌ی مکانیکی که در الکترونیک استفاده می‌شود، نویز است. نویز یعنی اثرات ناخواسته‌ای که از بیرون یا درون سیستم روی وضعیت یا عملکرد سیستم تاثیر می‌گذارند.

نویز این گونه دکمه‌ها از پدیده‌ی bounce که به معنی نوسان ورودی هنگام زدن دکمه است نتیجه می‌شود. این پدیده موجب می‌شود میکرو اینطور فکر کند که دکمه چندبار فشرده شده‌است، مانند نمودار زیر. دلیل ایجاد این مشکل نیز به واسطه خطاهای ساختار مکانیکی دکمه‌ها است و برای رفع آن دو راهکار وجود دارد: سخت‌افزاری و نرم‌افزاری.

نمودار

نویزگیری نرم‌افزاری

می‌توان با انداختن تاخیری کوچک در خواندن دیجیتال، از بازه زمانی bounce اجتناب کرد. کد زیر این کار را انجام می‌دهد.



نویزگیری سخت‌افزاری

مدار زیر نمونه‌ای ساده از این راه حل است. ایده‌ی اجرایی استفاده از خازن به عنوان فیلتر نویزگیر است. برای اطلاعات بیشتر به بخش پیش‌نیازهای الکتریکی مراجعه کنید. کد آن همانند کد شماره 1 است.

مدار

LED فشاری

حالا می‌خواهیم با ترکیب ورودی دیجیتال که در این بخش آموختیم با خروجی دیجیتال (ال ای دی) مداری کاربردی بسازیم. ایده این است که LED هنگامی که دکمه فشرده می‌شود روشن شود و در غیر این صورت خاموش باشد. مدار و کد را در زیر می‌بینید. منطق کد بسیار ساده است و برای نویزگیری از روش نرم‌افزاری استفاده شده‌است.



مدار

LED وضعیتی

اکنون تمرین را کمی متفاوت می‌کنیم. می‌خواهیم با فشردن دکمه، وضعیت کلید نسبت به حالت قبلش تغییر کند و تا زمانی که دکمه دوباره فشرده نشده‌است، ثابت بماند. مدار همانند قبل است و تفاوت در کد هست.

نکته‌ی مهم این کدنویسی، درک متغیرهای موجود در سیستم است. می‌توان الگوریتم‌های متفاوتی را نوشت که اکثرا به دلیل جامع نبودن به شکست می‌خورند. (امتحان کنید!) اما با درک حالت‌های مختلف سیستم می‌توان به الگوریتم زیر رسید:

سه متغیر وضعیت سیستم را تعیین می‌کنند: حالت LED که خروجی سیستم است و باید با فشردن دکمه به نقیضش تبدیل شود یعنی اگر HIGH است به LOW تبدیل شود و برعکس پس متغیری boolean است. دیگر وضعیت کنونی دکمه است که باید با مقایسه با وضعیت قبلی دکمه LED را تغییر دهد، پس دو متغیر وضعیت کنونی و وضعیت قبلی دکمه را نیز داریم. به این ترتیب کد ما به صورت زیر در می‌آید:



پروژک1: افزودن گیت نات

می‌توان با اضافه کردن گیت نات وضعیت منطقی موجود در هر نقطه از مدار را متفاوت کرد. این پروژک برای یادگیری چگونگی استفاده از گیت نات طراح شده است. در مدار زیر استفاده از این گیت را می‌بینید.

مدار

#digitalRead() #Pull-up Resistor #Pull-down Resistor

#دکمه