

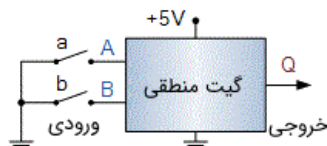
مفهوم مقاومت پول آپ و پول داون:

گیت‌های منطقی می‌توانند برای اتصال به مدارات و ادوات خارجی مورد استفاده قرار گیرند، اما باید اطمینان حاصل کرد که عملکرد ورودی و خروجی آن‌ها صحیح است و شرایط کلیدزنی بر آن‌چه از قبل برنامه‌ریزی شده بود، منطبق باشد. گیت‌های منطقی دیجیتال مدرن، آی‌سی‌ها و نیز میکروکنترلرها دارای ورودی‌های زیادی هستند که بین نامیده می‌شوند. همچنین این ادوات دارای یک تا تعداد بیشتری خروجی نیز هستند. برای این که مدار دیجیتال به صورت صحیح کار کند، تمام این ورودی‌ها و خروجی‌ها باید به صورت صحیح (در حالت HIGH یا LOW) تنظیم شده باشند.

می‌دانیم که گیت‌های منطقی، پایه‌ای‌ترین عنصر در ساخت تمام مدارات دیجیتال منطقی هستند. با ترکیب سه گیت پایه **AND**، **OR** و **NOT** می‌توان مدارات ترکیبی بسیار پیچیده‌ای ساخت. در مدارات دیجیتال، فقط یکی از دو حالت منطقی صفر یا یک می‌توانند وجود داشته باشند. این دو حالت منطق صفر و منطق یک نامیده می‌شوند.

این دو حالت منطقی توسط دو سطح ولتاژ مختلف نشان داده می‌شوند. در واقع هر ولتاژی که زیر سطح معینی باشد به عنوان منطق صفر و هر ولتاژی که بالای سطح دیگری باشد، به عنوان منطق یک در نظر گرفته می‌شود. به عنوان مثال اگر دو سطح ولتاژ ۰ ولت و ۵ ولت وجود داشته باشند، در این صورت صفر ولت نشان‌دهنده منطق صفر و ولتاژ ۵ ولت نشان‌دهنده منطق یک است.

اگر ورودی گیت‌های منطقی دیجیتال یا مدارات دیجیتال در بازه‌ای نباشد که بتوان آن را با ورودی منطق صفر و یا منطق یک نشان داد، در این صورت ممکن است مدار دیجیتال دچار تریگر اشتباه شود؛ زیرا گیت یا مدار منطقی نمی‌تواند مقدار صحیح ورودی را تشخیص دهد. به عبارت دیگر سطح HIGH به اندازه کافی بالا نیست و یا سطح LOW به اندازه کافی پایین نیست. مدار زیر را به عنوان مثال در نظر بگیرید. کلیدهای a و b، ورودی‌های یک گیت منطقی عمومی را نشان می‌دهند.



اتصال ورودی‌های یک گیت منطقی به کلیدهای a و b

زمانی که کلید a بسته شده باشد، ورودی A به زمین یا ولتاژ صفر (منطق صفر) متصل است. زمانی که کلید b بسته شده باشد، ورودی B به زمین متصل می‌شود. این ورودی‌ها در حالت درست و مورد انتظار هستند. اما اگر کلید a باز باشد، آن‌گاه وضعیت ورودی A چه خواهد بود؟ آیا این ورودی در منطق صفر (LOW) قرار دارد یا منطق یک (HIGH)؟

اگر ورودی A را در ولتاژ ۵ ولت و منطق یک در نظر بگیریم، آن گاه نشان می‌دهد که ورودی دیگر به زمین متصل نیست. اما این فرض درست نیست؛ زیرا این ورودی در حالت شناور قرار دارد و به صورت تصادفی ورودی دریافت می‌کند، به عبارت دیگر این پتانسیل را دارد که در بازه مقادیر بین ۰ و ۵ ولت قرار داشته باشد. دلیل این اتفاق این است که ورودی به صورت موثر برای بودن در هر کدام از دو منطق صفر و یک تعریف نشده است. شناور بودن ورودی به آن اجازه می‌دهد که در هر سطحی از ولتاژ، هم HIGH و هم LOW، مدار را تریگر کند.

این وضعیت غیرقطعی منجر به این امر می‌شود که ورودی دیجیتال A در سطح منطقی صفر (LOW) قرار داشته باشد، در حالی که ما زمان باز بودن کلید A، به سطح منطقی یک (HIGH) نیاز داشته باشیم. به همین دلیل گیت منطقی، خروجی Q را به صورت اشتباهی تریگر می‌کند. حتی اگر در یک بازه زمانی مقدار این ورودی در سطح یک منطقی قرار داشته باشد، سیگنال ورودی ضعیف و متغیر است و می‌تواند به آسانی مقدار ورودی را با دریافت نویز از مدارات مجاور خود تغییر دهد و یا ورودی را به حالت نوسانی تبدیل کند و گیت منطقی را خراب و یا خروجی آن را غیرقابل استفاده کند. این موارد در مورد کلید b نیز کاملاً صادق است و تمام این مشکلات در صورت باز بودن این کلید نیز به وجود می‌آید.

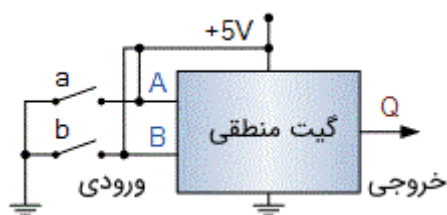
بنابراین برای جلوگیری از کلیدزنی تصادفی مدارات دیجیتال منطقی، باید تمام ورودی‌هایی که به جایی متصل نیستند (به آن‌ها ورودی‌های شناور گفته می‌شود) را متناسب با کارکرد مدار، به منطق یک و یا منطق صفر متصل شوند. می‌توان این کار را به سادگی و با اتصال پین‌های ورودی به مقادیر معین سطح صفر یا سطح یک از طریق مقاومت‌های پول‌آپ و پول‌داون انجام داد. در این صورت، در تمام موقعیت‌هایی که کلید باز یا بسته باشد و یا هیچ چیزی به آن‌ها متصل نباشد، مدار ورودی دلخواه کاربر را دریافت می‌کند.

هنگام ساخت مدارات منطقی دیجیتال، معمولاً این وضعیت پیش می‌آید که از تمام ورودی‌های چندگانه آی‌سی‌ها و گیت‌های منطقی و لچ‌ها استفاده نمی‌شود و یا در یک پکیج آی‌سی، از تمام گیت‌های منطقی و لچ‌های درون آن استفاده نمی‌شود. در این شرایط، تمام پایه‌های استفاده نشده باید یا از طریق یک مقاومت با مقدار بالا که به آن مقاومت پول‌آپ گفته می‌شود، به ولتاژ منبع تغذیه وصل شوند و یا از طریق یک مقاومت که به آن مقاومت پول‌داون گفته می‌شود، به ولتاژ صفر ولت زمین متصل شوند. پایه‌هایی که از آن‌ها استفاده نمی‌شود، نباید هیچ‌گاه به صورت شناور رها شوند.

مقاومت pull up

متداول‌ترین روش برای این که اطمینان حاصل شود که ورودی‌ها در مدارات و گیت‌های منطقی دیجیتال در حالت خود-بایاس (Self-Bias) یا شناور قرار ندارند، این است که ورودی‌ها را مستقیماً برای دریافت سطح صفر منطقی یا ولتاژ ثابت صفر ولت (در گیت‌های AND و OR) به زمین و برای دریافت سطح ثابت یک منطقی (در گیت‌های

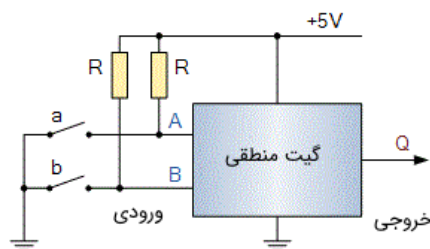
AND و NAND) به ولتاژ منبع تغذیه متصل کنیم. مجدداً مدار زیر با یک گیت منطقی و دو کلید در ورودی را در نظر می‌گیریم.



اتصال مستقیم ورودی‌های یک گیت منطقی به کلیدهای a و b

این بار برای جلوگیری از دریافت مقادیر شناور در ورودی‌ها هنگام باز بودن کلیدهای a و b، ورودی‌ها مستقیماً به ولتاژ ۵ ولت منبع تغذیه متصل شده‌اند. ممکن است به این صورت تصور شود که حال دیگر مدار مشکلی ندارد و در صورتی که کلیدها باز باشند، ورودی‌ها مقادیر ۵ ولت را دریافت خواهند کرد و گیت عمل کرد مناسبی دارد و نیز هنگام بسته بودن کلید، ورودی به ولتاژ ثابت صفر ولت زمین متصل است و در سطح LOW قرار می‌گیرد.

اما در واقع، این مدار نیز دارای مشکل در عملکرد خواهد بود؛ زیرا زمانی که هر یک از دو کلید بسته باشند، یک مدار اتصال کوتاه (Short Circuit) بین ولتاژ منبع تغذیه و زمین به وجود می‌آید. این شرایط باعث می‌شود که جریان زیادی در مدار جریان یابد و موجب سوختن [فیوزها](#) و آسیب دیدن مدار می‌شود. برای غلبه بر این مشکل، می‌توان از مقاومت پول‌آپ بین ورودی و منبع تغذیه استفاده کرد. نحوه انجام این کار در شکل زیر نشان داده شده است.



استفاده از مقاومت‌های پول‌آپ در مدار بالا

با استفاده از این دو مقاومت پول‌آپ (یک مقاومت به ازای هر ورودی)، زمانی که کلیدهای a و b باز باشند، ورودی به صورت موثری به منبع تغذیه متصل می‌شود. چون جریان ورودی به گیت‌های منطقی مقدار بسیار کوچکی است، مقدار افت ولتاژ در مقاومت‌های پول‌آپ بسیار ناچیز بوده و در نتیجه تقریباً ولتاژ ۵ ولت در منبع تغذیه به صورت کامل به پین‌های ورودی می‌رسد و وضعیت را به حالت یک منطقی تغییر می‌دهد. اگر کلیدهای a و b بسته باشند، ورودی به ولتاژ صفر ولت زمین متصل می‌شود و مانند حالت قبل سبب ایجاد سطح صفر منطقی در

ورودی می‌شود. اما در این حالت مدار اتصال کوتاه به وجود نمی‌آید؛ زیرا مقاومت‌های پول‌آپ باعث می‌شوند که جریان بسیار کوچکی مطابق با قانون اهم از طریق کلید به زمین عبور کند.

با استفاده از یک مقاومت پول‌آپ مانند روش بالا، ورودی همیشه، بسته به وضعیت کلید، یک حالت منطقی قطعی دارد، یا سطح منطقی یک و یا سطح منطقی صفر. در نتیجه خروجی خروجی گیت یعنی Q ، دارای عملکرد مناسب خواهد بود. با جلوگیری از ورودی خود-بایاس و شناور می‌توان شرایط کلیدزنی را دقیقاً تنظیم کرد.

اما می‌توان از مقاومت پول‌آپ در خروجی گیت‌ها نیز برای اتصال گیت‌ها با تکنولوژی‌های مختلف مانند اتصال گیت TTL به گیت CMOS استفاده کرد.

مقاومت pull down

مقاومت پول‌داون یا پایین‌کش (Pull-Down) نیز به طریق مشابه با مقاومت پول‌آپ کار می‌کند که در قسمت قبل به توضیح آن پرداختیم. اما تفاوت بزرگ در این است که این بار ورودی گیت منطقی به زمین یا ولتاژ صفر متصل می‌شود و در سطح منطقی LOW قرار می‌گیرد و ممکن است توسط عملکرد یک کلید مکانیکی به سطح منطقی یک باز گردد.

