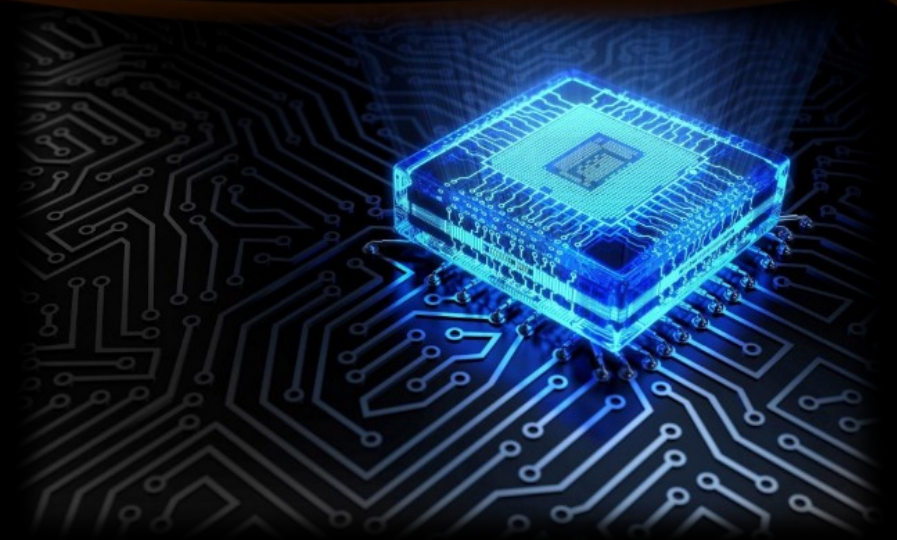
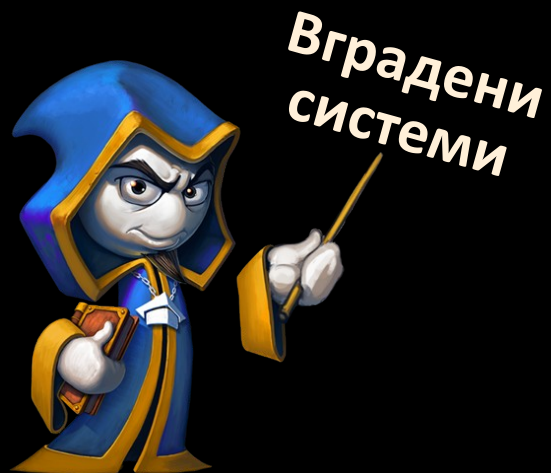


# Pull-up Resistors & Pull-down Resistors

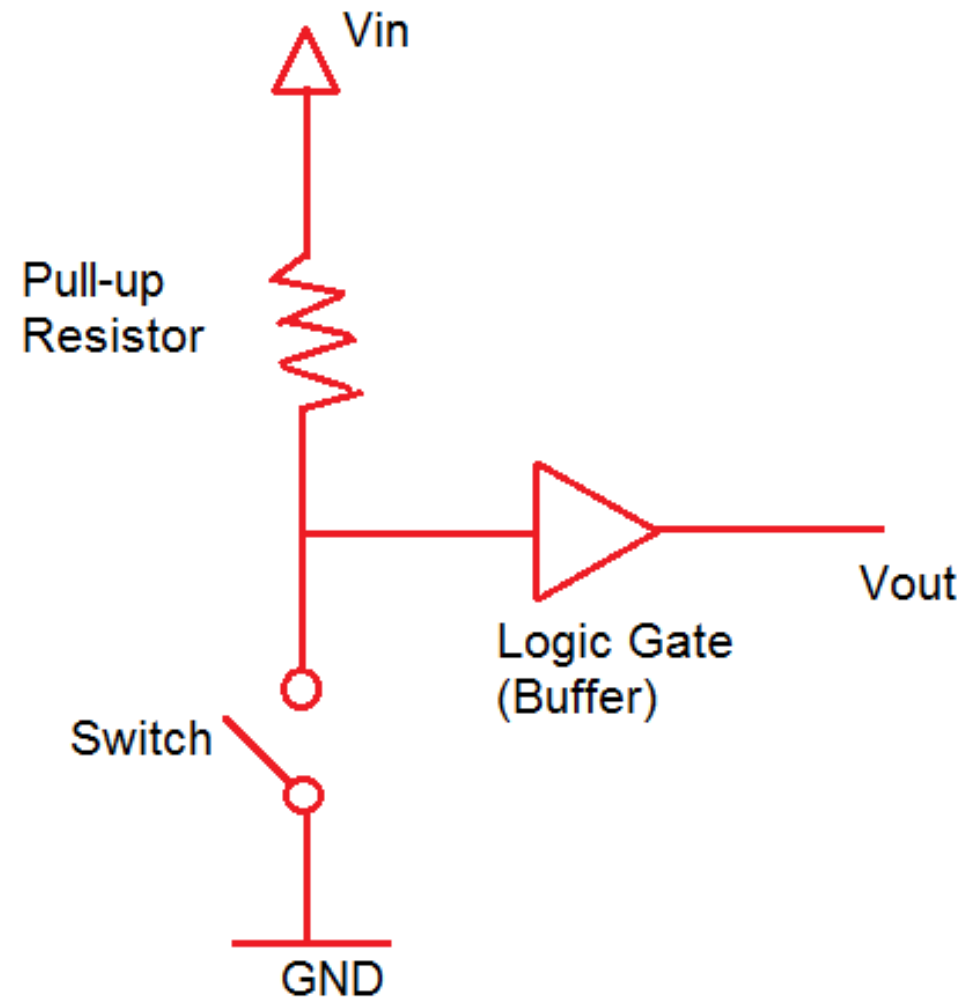
## /Издърпващи резистори и Изтеглящи резистори/



Инж. Венцеслав Кочанов

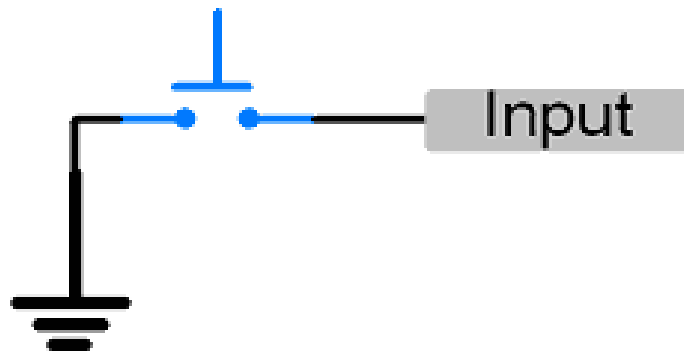
# Издърпващи резистори /Pull-up Resistors/

Издърпващ резистор се използва за установяване на допълнителен контур върху критичните компоненти, като същевременно се гарантира, че напрежението е добре дефинирано дори когато ключът е отворен. Използва се, за да се гарантира, че проводникът е изтеглен до високо логическо ниво при липса на входен сигнал. Това не е специален вид резистор. Те са прости резистори с фиксирана стойност, свързани между захранващото напрежение и съответния щифт, който определя входното или изходното напрежение при липса на управляващ сигнал. Когато ключът е отворен, напрежението на входа се изтегля до нивото на входното напрежение. Когато ключът е затворен, входното напрежение е равно на нула. Трябва да използвате изтеглящ резистор, когато имате нисък импеданс по подразбиране и искате да изтеглите сигнала до „високо“.



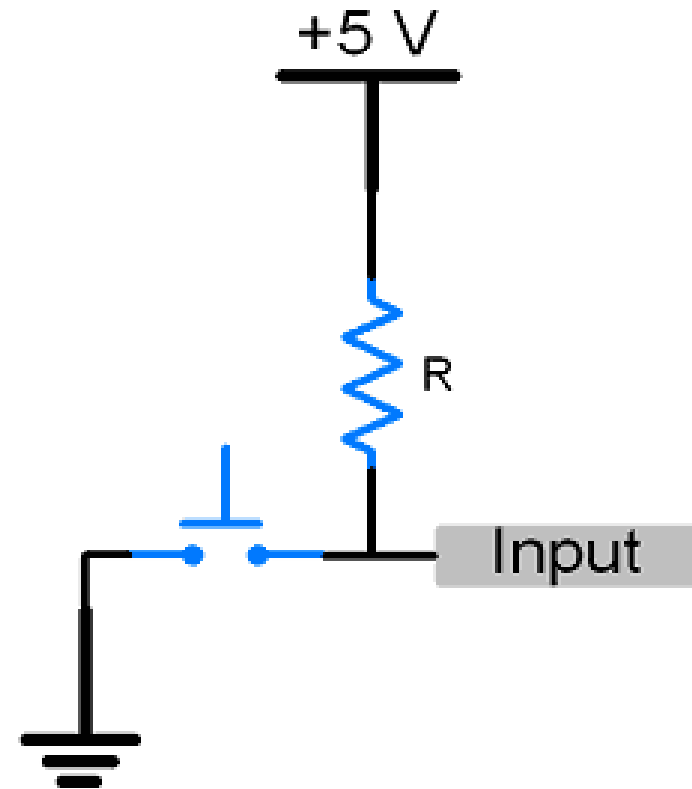


На фигурата по-горе е използван издърпващ резистор с фиксирана стойност за свързване на захранващото напрежение и определен щифт в цифровата логическа верига. Издърпващият резистор е сдвоен с превключвател, за да се гарантира, че напрежението между земята и VCC се контролира активно, когато превключвателят е отворен. В същото време това няма да повлияе на състоянието на веригата. Ако не използваме издърпващ резистор, това ще доведе до късо съединение. Това е така, защото щифтът не може да бъде директно късо към земята или VCC, тъй като това в крайна сметка ще повреди веригата. Следвайки принципа на закона на Ом, ако има издърпващо съпротивление, малко количество ток ще тече от източника към резисторите и към превключвателя, преди да достигне земята.



switch close = 0 V  
switch open = undefine

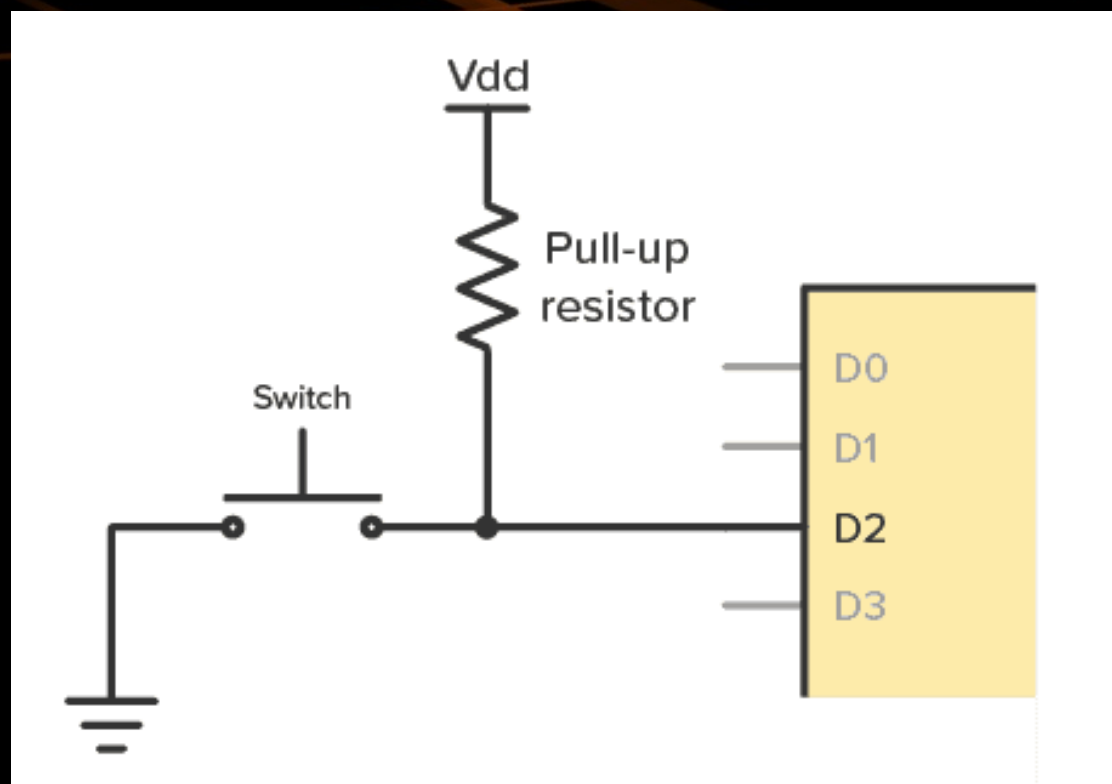
**High Impedance State**



switch close = 0 V  
switch open = +5 V

**Pull-Up resistor**

# Издърпващ резистор на цифровите входове на Arduino.



## Как да изберем стойност на издърпващ резистор

Правило 1: Стойността не може да бъде твърде висока.

Колкото по-висока е стойността на изтегляне, толкова по-ниско става напрежението на входа. Важно е напрежението да е достатъчно високо, за да може чипът да го види като вход HIGH или логическа 1.

Правило 2: Но то също не може да бъде твърде малко. Ако например изберете 100  $\Omega$ , проблемът е, че през него протича много ток при натискане на бутона.



Ако приложим 9V захранване получаваме 9V при 100  $\Omega$ , което е 90 mA. Това е ненужна загуба на енергия, но също така означава, че резисторът трябва да издържи 0,81 W. Повечето резистори издържат само до 0,25 W.

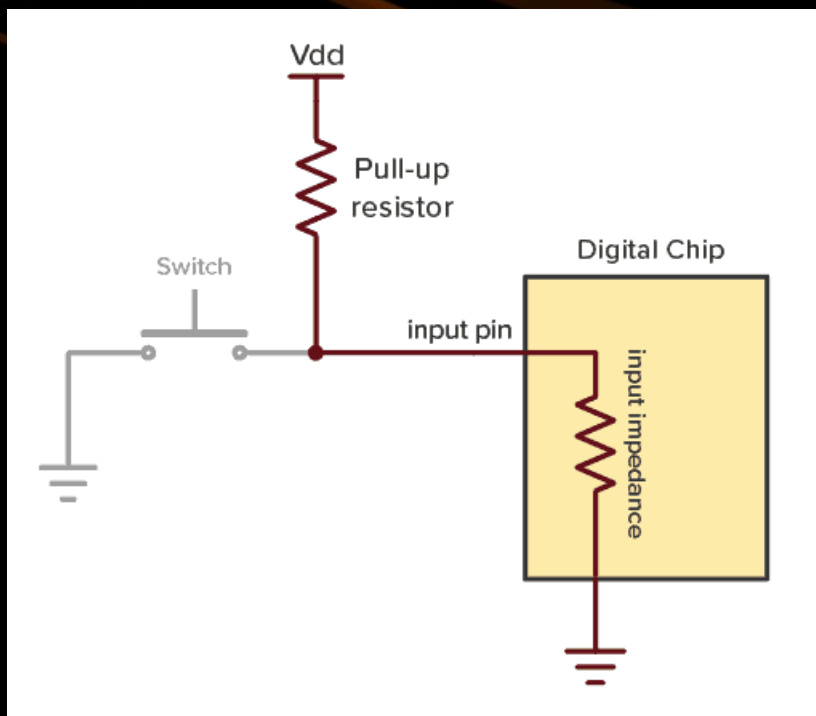
## ***Основно правило***

Основното правило при избора на издърпващ резистор е да изберете стойност на съпротивлението, която е поне 10 пъти по-малка от входния импеданс (или вътрешното съпротивление) на порта. Често стойността на изтегляне от 10 k $\Omega$  ще върши работа.

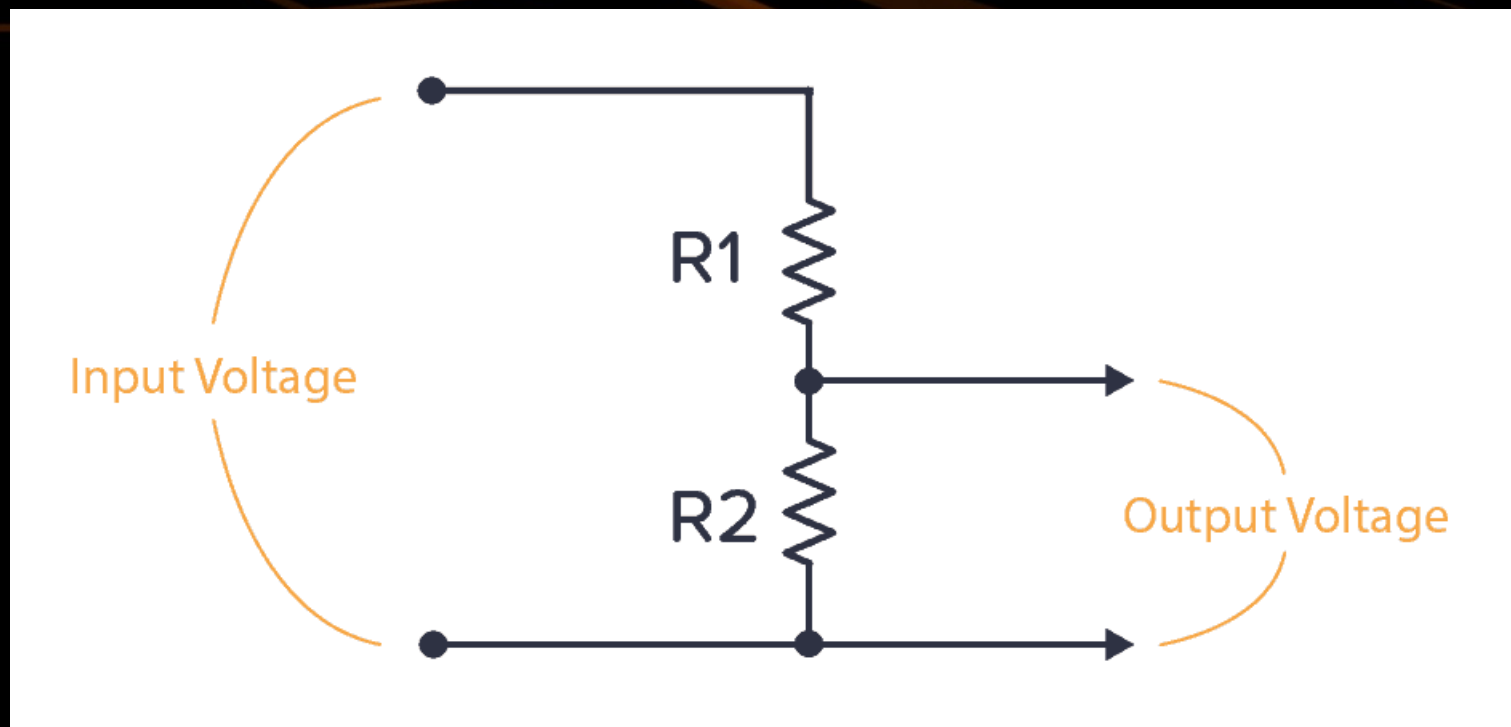


## Как работят издърпващите резистори?

Можете да мислите за входния порт на интегрална схема (IC) като резистор, свързан към земята. Това се нарича входен импеданс:



Тези два резистора образуват делител на напрежение. Ако погледнете стандартната верига на делителя на напрежението, можете да видите, че издърпващият резистор е  $R1$ , а входният импеданс е  $R2$ :



Можем да използваме формулата за делител на напрежение, за да намерим напрежението на входния щифт, когато бутонът не е натиснат:

$$V_{OUT} = V_{IN} * \frac{R2}{R1+R2}$$

По-долу съм преименувал компонентите на формулата, за да отговарят на примера за изтегляне. Входното напрежение е  $V_{DD}$  от нашия пример за изтегляне. И изходното напрежение е напрежението на входния щифт. Така формулата става:

$$V_{pin} = V_{DD} * \frac{R_{impedance}}{R_{pullup} + R_{impedance}}$$

## Примерно изчисление

Да кажем, че вашият чип има входен импеданс от  $1\text{M}\Omega$  ( $100\text{k}\Omega$  до  $1\text{M}\Omega$  е нормално за много чипове). Ако вашето захранване е  $9\text{V}$  и изберете стойност на издърпващ резистор от  $10\text{ k}\Omega$ , какво е напрежението, което получавате на входния щифт?

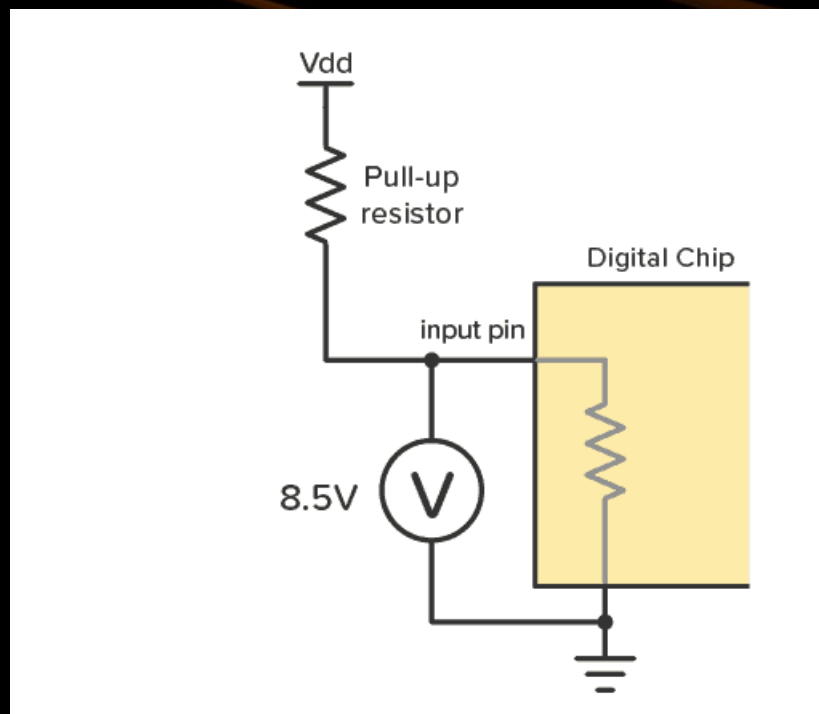
$$V_{\text{pin}} = 9\text{V} * \frac{1\text{M}\Omega}{10\text{k}\Omega + 1\text{M}\Omega} = 8.9\text{V}$$

Получавате  $8,9\text{ V}$  на входния щифт, което е повече от достатъчно, за да действа като HIGH вход. Като цяло, ако се придържате към основното правило за използване на изтеглящ резистор, който е не повече от десет пъти по-нисък от входния импеданс, ще сте сигурни, че винаги имате минимум 90% от  $V_{\text{DD}}$  напрежението на входен порт.



## Как да намерите входния импеданс на IC

Можете лесно да измерите входния импеданс на чип. Импедансът всъщност е термин за съпротивление, което може да се променя в зависимост от честотата. Но за този случай на издърпване имаме работа само с постоянни токове. Свържете издърпващ резистор от например  $10\text{ k}\Omega$  към входа на чипа и измерете напрежението на входа.



Да приемем, че имате 8,5 V, когато измервате. Използвайте това, за да намерите тока, протичащ през резистора, като използвате закона на Ом. Спадът на напрежението на резистора е  $9V - 8,5V = 0,5V$ , така че получавате:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{0.5V}{10k\Omega} = 0.00005A = 0.05mA$$

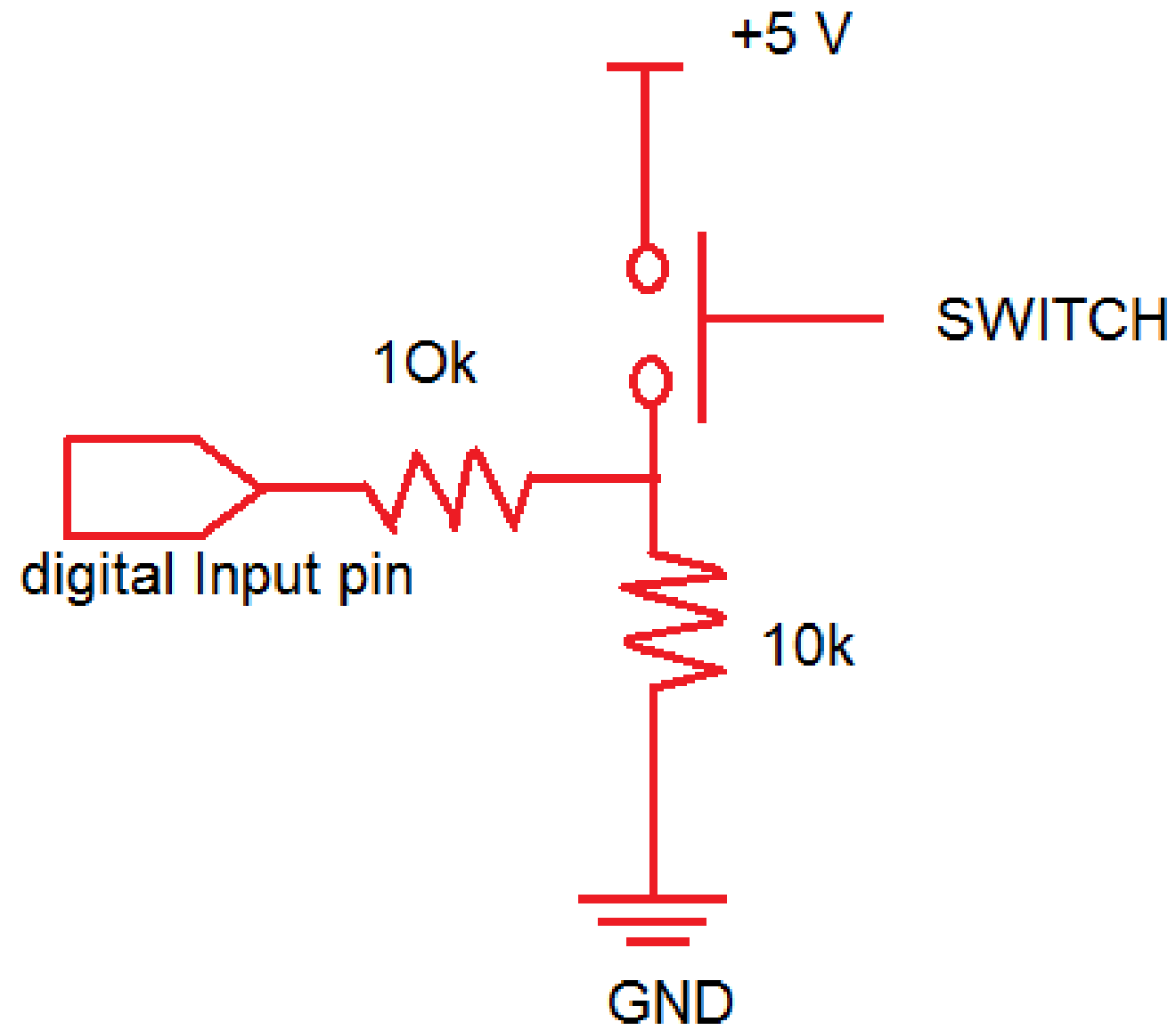
Има 0,05 mA, протичащи през резистора и по този начин също през входния порт надолу към земята. Отново използвайте закона на Ом, за да намерите съпротивлението на нещо със спад на напрежението от 8,5 V и ток от 0,05 mA:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{8.5V}{0.00005A} = 170000\Omega = 170k\Omega$$

Входният импеданс е 170 kΩ. Това означава, че издърпващият резистор за този вход не трябва да бъде повече от 17 kΩ.

# Изтеглящи резистори /Pull-down Resistors/

От друга страна, изтеглящ резистор се използва, за да се гарантира, че входовете към логическите системи се установяват на очакваните логически нива, когато външните устройства са изключени или имат висок импеданс. Той гарантира, че кабелът е на определено ниско логическо ниво, дори когато няма активни връзки с други устройства. Изтеглящият резистор поддържа логическия сигнал близо до нула волта (0V), когато не е свързано друго активно устройство. Той намалява входното напрежение към земята, за да предотврати недефинирано състояние на входа. Той трябва да има по-голямо съпротивление от импеданса на логическата верига. В противен случай това ще направи входното напрежение на извода на постоянна логическа ниска стойност, независимо от позицията на превключвателя. Когато превключвателят е отворен, напрежението на входа на порта се изтегля надолу до нивото на земята. Когато ключът е затворен, входното напрежение на порта преминава към  $V_{in}$ . Без резистора нивата на напрежение практически биха се колебали между двете напрежения.





Точно като издърпващия резистор на първата фигура, издърпващите резистори в тази верига също гарантират, че напрежението между VCC и щифта на микроконтролера се контролира активно, когато ключът е отворен. За разлика от издърпващия резистор, изтеглящият резистор издърпва порта към ниска стойност вместо към висока стойност. Изтеглящият резистор, който е свързан към земята или 0V, настройва порта за цифрово логическо ниво по подразбиране или 0, докато превключвателят бъде натиснат и порта за логическо ниво стане високо. Следователно, малкото количество ток протича от 5-V източника към земята, като се използва затвореният превключвател и издърпващият резистор, предотвратявайки порта за логическо ниво от получаване на късо с 5-V източника.

За **pull-down** резисторите винаги трябва да има по-голямо съпротивление от импеданса на логическата верига. В противен случай, той ще намали напрежението твърде много и входното напрежение на порта ще остане на постоянна логическа ниска стойност, независимо дали превключвателят е включен или изключен.

Pull-down Resistors	Pull-up Resistors
Less commonly used	More commonly used
Keeps the input "Low"	Keeps the input "High"
Connect between an I/O pin and ground, with an open switch connected between I/O and +Supply.	Connect between I/O pin and +supply voltage, with an open switch connected between I/O and ground.

## Идеални стойности на съпротивление за издърпващи и изтеглящи резистори

Когато бутонът е натиснат, входният порт се изтегля ниско. Стойността на резистора близо до захранването контролира колко ток искате да тече от VCC през бутона и след това към земята. Силен ток ще тече през издърпващия резистор, ако стойността на съпротивлението е твърде ниска. Това може да доведе до ненужно потребление на енергия дори когато превключвателят е затворен, тъй като устройството ще се нагрее. Това състояние се нарича силно издърпване и винаги трябва да се избягва, когато се изисква ниска консумация на енергия.

Когато бутонът не е натиснат, входният порт се изтегля високо. Стойността на издърпващия резистор контролира напрежението на входния порт. Когато превключвателят е отворен и висока стойност на съпротивление при издърпване се комбинира с голям ток на утечка от входния щифт, входното напрежение може да стане недостатъчно. Това се нарича слабо набиране. Действителната стойност на изтеглящия резистор зависи от импеданса на входния порт, който е тясно свързан с тока на утечка на порта.



Въз основа на двете условия по-горе, за издърпващи резистори трябва да използваме резистор, който е поне 10 пъти по-малък от стойността на импеданса на входния щифт.

За логически устройства, които работят при 5 V, типичната стойност на **pull-up** резистора трябва да бъде между 1-5 k $\Omega$ . От друга страна, за приложения с превключватели и резистивни сензори, типичната стойност на издърпващия резистор трябва да бъде между 1-10 k $\Omega$ .



Вградени системи



Въпроси?

