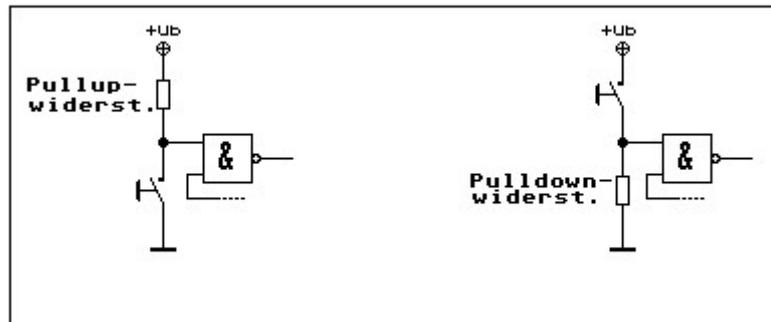


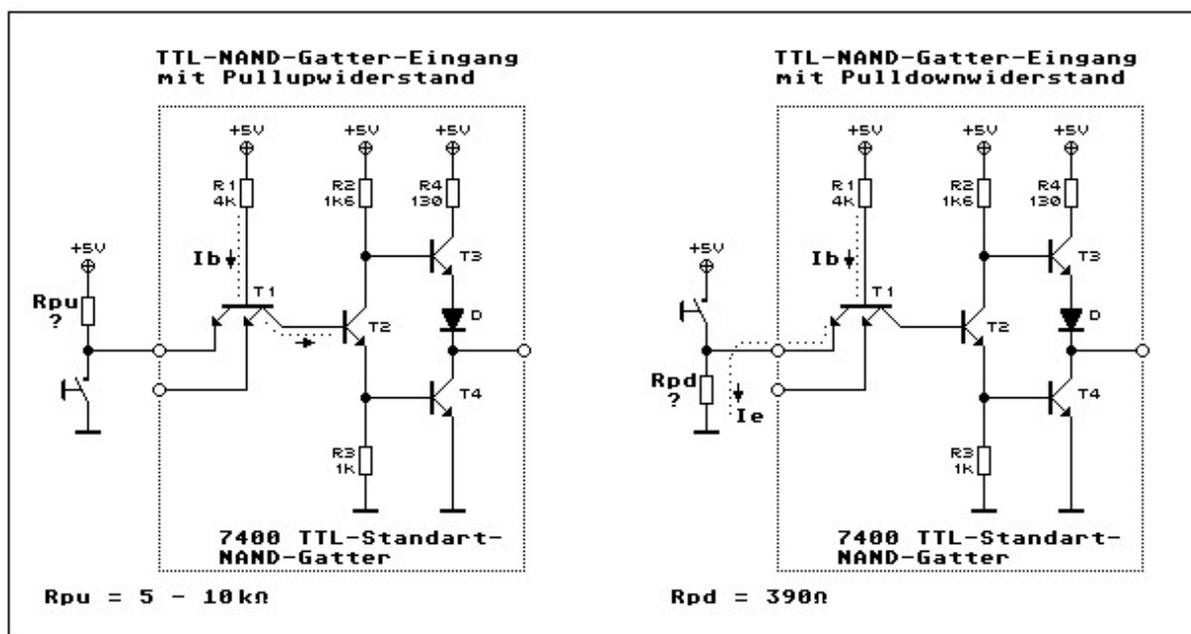
HTBLA Leonding	Elektronik	Pull_Up_Down V1.4
Klasse, Name :		Datum :
Übung:	Pullup- und Pulldown-Widerstand	Seite : 1 von 3
Beschreibung:	Richtiges Anwenden von Pullup- und Pulldown-Widerständen	

Was ist ein Pullup- und Pulldown-Widerstand?

Pull heißt ziehen, Up heißt rauf und Down heißt runter. Ein Pullup-Widerstand zieht also etwas hinauf und ein Pulldown-Widerstand zieht etwas hinunter. Genau so einfach ist es. Der eine zieht die elektrische Spannung hinauf und der andere zieht die Spannung hinunter. Das Hinaufziehen geht dabei meist bis zum Betriebsspannungswert $+U_b$ und das Hinunterziehen hinunter auf GND.



Pullup- und Pulldown-Widerstände an TTL-Eingängen



Wie groß muss R_{pu} (**Resistor-pullup**) sein?

Im Prinzip kann er beinahe beliebig groß dimensioniert werden oder man könnte auf ihn auch ganz verzichten. Bei offenem Eingang fließt ein T1-Basisstrom, begrenzt durch R1, über die T1-Basis-Kollektordiode in die Basis von T2. T2 und T4 leiten und T3 ist offen. Der Ausgang des TTL-NAND-Gatter ist damit auf logisch LOW. Wenn R_{pu} eingesetzt wird, steigt die Spannung am Eingang auf die Betriebsspannung von +5 VDC. Damit wird der Störabstand des Eingangs verbessert, was sich besonders bei langen Leitungen am Eingang günstig auswirkt. Der Emitter-Kollektor-Sperrstrom des T1 ist so gering, dass R_{pu} relativ hoch gewählt werden kann. 100 k-Ohm sind zwar möglich, empfohlen werden jedoch Werte zwischen 5 und 10 k-Ohm. Zu hohe R_{pu} -Werte erhöhen durch Einkopplung über parasitäre Leitungskapazitäten die Störempfindlichkeit.

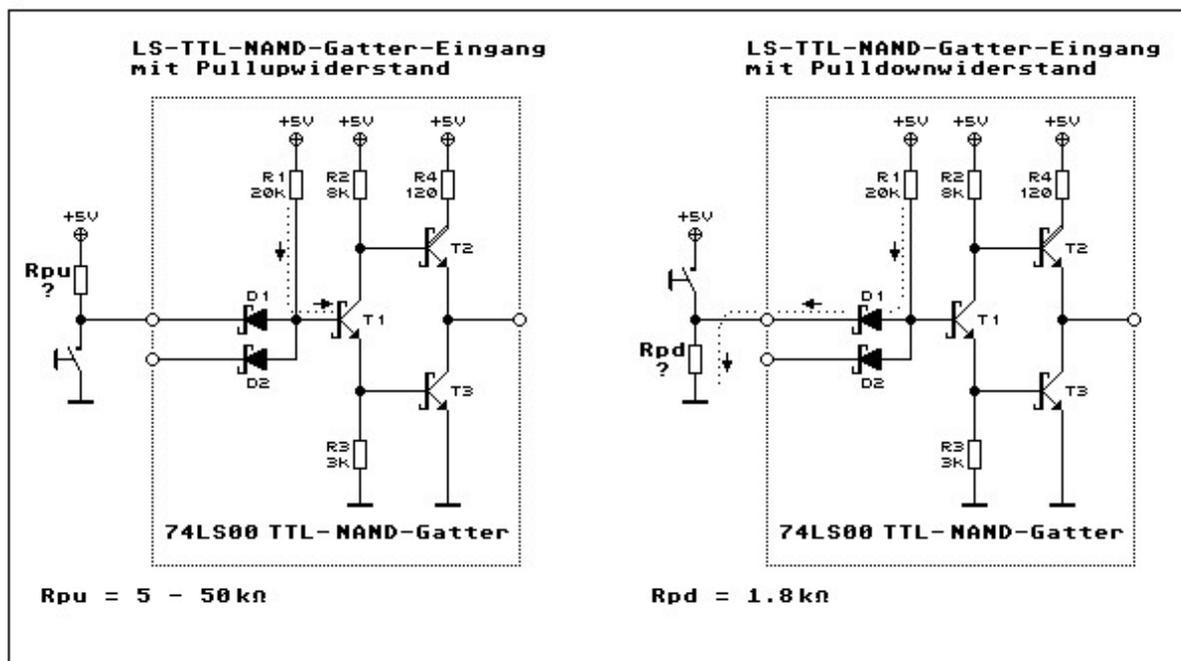
HTBLA Leonding		Elektronik		Pull_Up_Down V1.4
Klasse, Name :				Datum :
Übung:		Pullup- und Pulldown-Widerstand		Seite : 2 von 3

Wie groß muss Rpd (**Resistor-pulldown**) sein?

Hier fließt ein T1-Basisstrom über einen der beiden T1-Emitter und Rpd nach GND. Ein Kollektorstrom fließt in T1 nicht wenn einer der beiden Emitter von T1 auf GND-Pegel liegt, weil die Basis von T2 über die Kollektor-Emitterstrecke von T1 ebenfalls auf GND gezogen wird, die Kollektor-Emitterdiode von T2 in Sperrrichtung liegt und daher nur ein irrelevant geringer Sperrstrom in den Kollektor von T1 fließt. Dazu kommt, dass der Kollektor von T1 weder mit einem Kollektorwiderstand noch mit einer Stromquelle nach +Ub geschaltet ist. Der Basisstrom von T1 entspricht also dem Emitterstrom von T1. Dieser Strom erzeugt in Rpd einen Spannungsabfall und dieser darf 0.8 VDC nicht überschreiten. Der durch R1 begrenzte Strom liegt bei maximal 1.1 mA. Damit die Spannung von 0.8 VDC am Eingang nicht überschritten wird, darf Rpd nicht größer als 720 Ohm sein. Es werden in der Praxis allerdings Werte unter 500 Ohm, in der Regel ein 390-Ohm-Widerstand, empfohlen.

Bei der Anwendung von Pulldorn-Widerständen zeigt sich bei Standard-TTL-Schaltungen sogleich ein gravierender **Nachteil**: Der Strom ist bei geschlossenem Taster- oder Schaltkontakt relativ groß. Bei einem Rpd-Wert von 390 Ohm resultiert ein Strom von **13 mA**. Im Gegensatz dazu erzeugt ein Rpu-Wert von 10 k-Ohm bei geschlossenem Kontakt bloß 0.5 mA. Besonders dann wenn eine ganze Batterie von Schaltern zum Einsatz kommt, zeigt sich der Vorteil beim Einsatz von Pullup-Widerständen.

Pullup- und Pulldown-Widerstände an LS-TTL-Eingängen

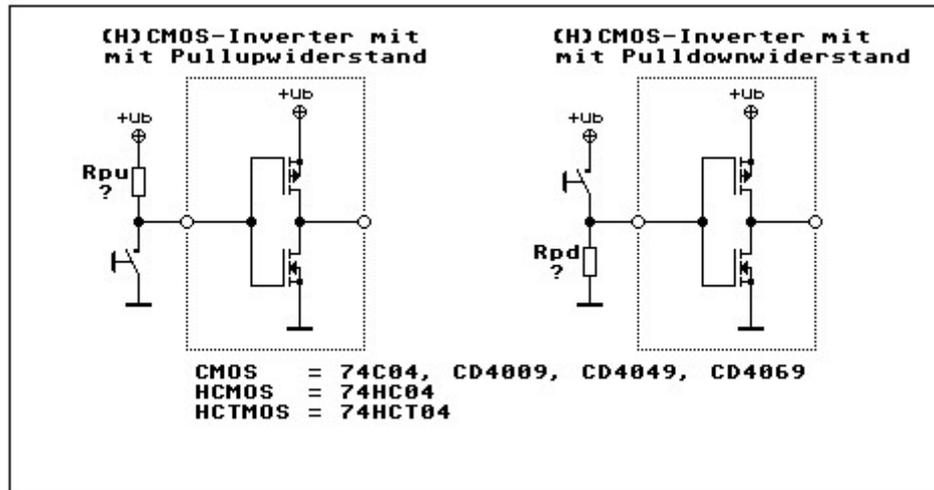


Betrachten wir zunächst das Schaltbild auf der linken Seite. Schottky-Dioden schalten wesentlich schneller um vom sperrenden in den leitenden Zustand und umgekehrt. Die Diodenflussspannung beträgt nur etwa 0.3 bis 0.4 VDC, während es bei herkömmlichen Siliziumdioden etwa 0.6 bis 0.8 VDC sind. Betreffs Rpu gelten etwa die selben Überlegungen wie bei TTL. Gleichgültig wie hoch Rpu ist, die Diode liegt in Sperrrichtung und es fließt bloß ein irrelevant geringer Sperrstrom. Trotzdem sollte man es mit dem Wert des Rpu, aus dem Grund wie bereits beschrieben, nicht übertreiben.

Auf der rechten Bildseite wirkt Rpd und es fließt ein Strom durch den stromlimitierenden Widerstand R1, Schottky-Diode D1 und Rpd nach GND. R1 ist in LS-TTL-Schaltungen allerdings fünf mal größer als in Standard-TTL-Schaltungen. Daher darf Rpd mit 1.8 k-Ohm auch etwa fünf mal größer sein.

HTBLA Leonding	Elektronik	Pull_Up_Down V1.4
Klasse, Name :		Datum :
Übung:	Pullup- und Pulldown-Widerstand	Seite : 3 von 3

Pullup- und Pulldown-Widerstände an CMOS-Eingängen



Die Oxydschicht von CMOS Bauteilen zwischen Gate und Source ist ein perfekter Isolator. Ein Eingangswiderstand von 10^{12} Ohm ist selbstverständlich. Was hindert uns also für R_{pu} und R_{pd} Werte im M-Ohm-Bereich zu wählen? Im Grunde nichts, wenn da nicht einige Kriterien aus der Praxis zu berücksichtigen sind. Wenn durch Verschmutzung Kriechstrecken entstehen, nimmt an dieser Strecke der Widerstand ab. Passiert dies zwischen den Kontakten eines Schalters oder Tasters, dann haben wir einen Spannungsteiler der entweder aus R_{pu} und dem Kontaktübergangswiderstand (linkes Schaltbild) oder aus R_{pd} und dem Kontaktübergangswiderstand besteht. Dadurch wäre das korrekte logische Eingangssignal nicht mehr gewährleistet, wenn der Kontakt offen ist.

Pullup-, Pulldown-Widerstand und Batteriebetrieb

Eine CMOS-Schaltung braucht im Ruhezustand bekanntlich keine signifikante Leistung. Wie aber sieht es beim Gebrauch von Pullup- und Pulldown-Widerständen aus? Wenn der Kontakt im Auszustand garantiert offen ist, gibt es kein Problem, denn wenn die CMOS-Schaltung unter Batteriespannung steht, fließt kein Gatestrom. Bei geschlossenem Kontakt fließt allerdings ein Strom durch den Pullup- oder Pulldown-Widerstand. Kann man den geschlossenen Kontakt nicht vermeiden, muss man dafür sorgen, dass der Pullup- oder Pulldown-Widerstand sehr hochohmig ist. Angenommen die CMOS-Schaltung wird aus einer 9V-Block-Batterie betrieben und man wählt einen Pullup- oder Pulldown-Widerstand von **1 M-Ohm**, fließt ein Strom von $9 \mu\text{A}$. Bei einer Batterie-Kapazität von 400 mAh (soviel hat etwa eine Alkali-Mangan-9V-Blockbatterie), beträgt die Lebensdauer der Batterie, wenn die Schaltung selbst nie in Betrieb ist, etwa 44'000 Stunden und das sind 5 Jahre.

Anmerkungen zur Übung: