

# Elektronische Schaltungen (ES)

Sommersemester 2021

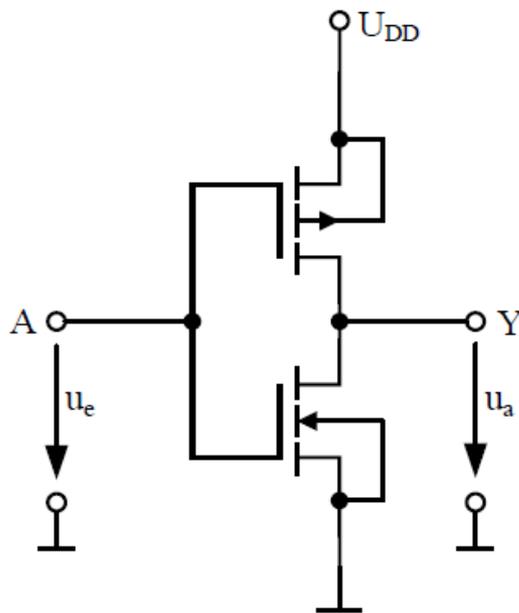
## Grundlagen digitaler Schaltungen - 2

INSTITUT FÜR HOCHFREQUENZTECHNIK UND ELEKTRONIK

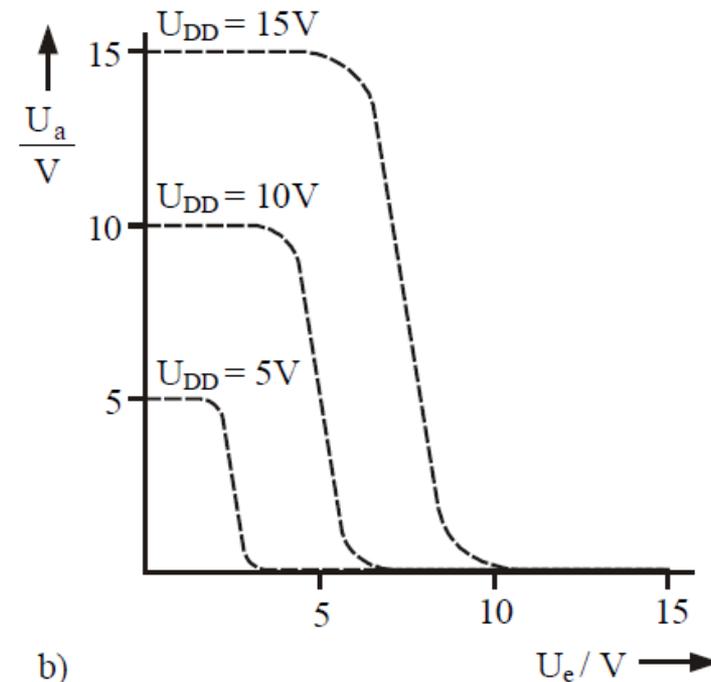


# Digitale Schaltungen in CMOS

- Durch Einsatz des CMOS-Inverters werden die Gatterschaltungen realisiert, die in der Digitaltechnik eingesetzt werden



a)

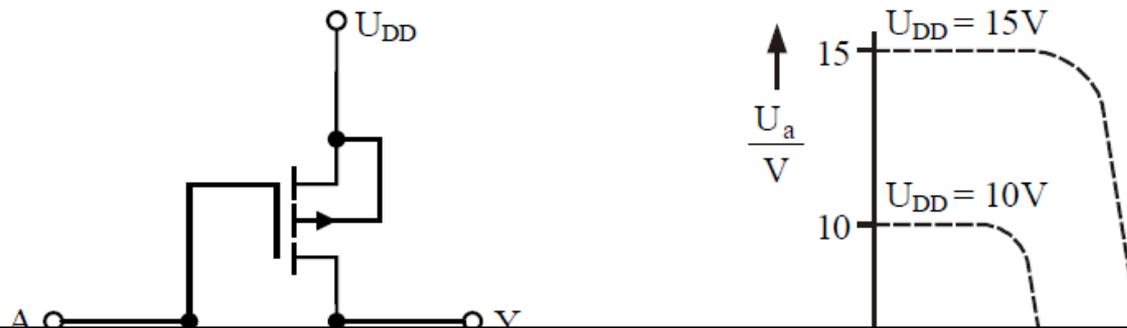


b)

CMOS Inverter für unterschiedliche Betriebsspannungen

# Digitale Schaltungen in CMOS

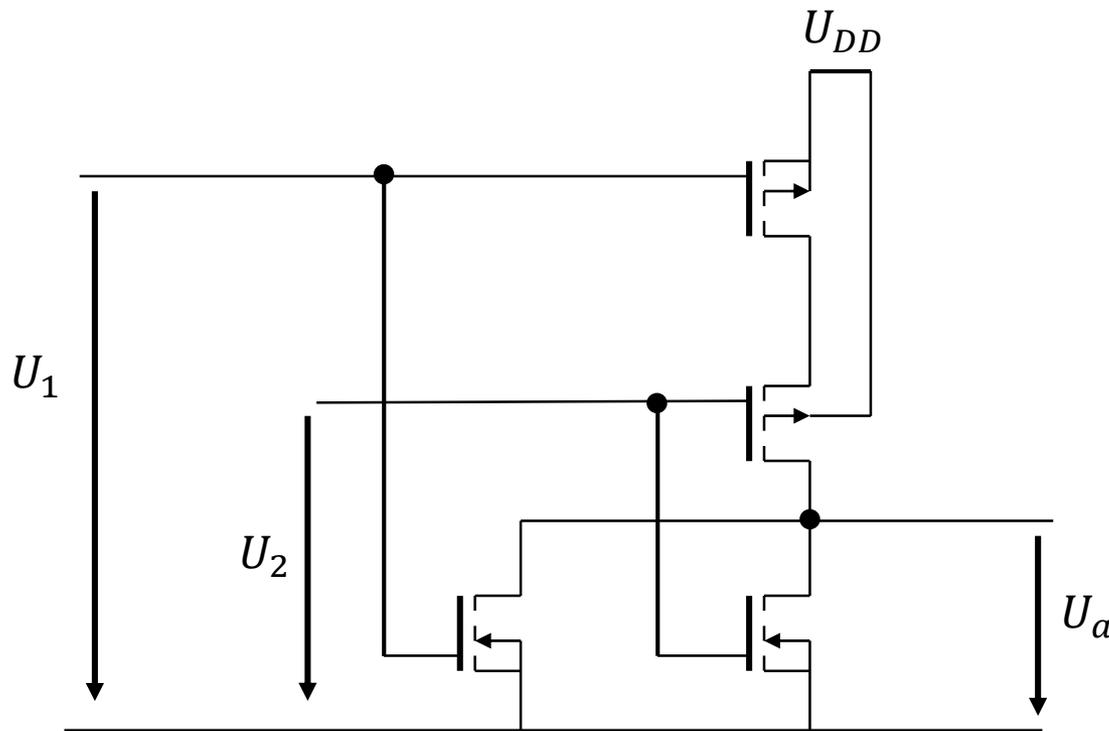
- Durch Einsatz des CMOS-Inverters werden die Gatterschaltungen realisiert, die in der Digitaltechnik eingesetzt werden



- Das Schaltverhalten des CMOS-Inverters ist symmetrisch, der Störabstand für High- und Low-Zustände ist gleich groß
- Der CMOS-Inverter weist keine statische Verlustleistung auf, die dynamische Verlustleistung entsteht durch Umladen des Kondensators am Ausgang (Ausgangskapazität des Inverters + Eingangskapazität der nächsten Stufe) und durch Querströme
- Eine höhere Betriebsspannung bedeutet ein schnelleres Schaltverhalten aber gleichzeitig eine höhere dynamische Verlustleistung ( $P = CU_{DD}^2 f_t$ )

# Digitale Schaltungen in CMOS

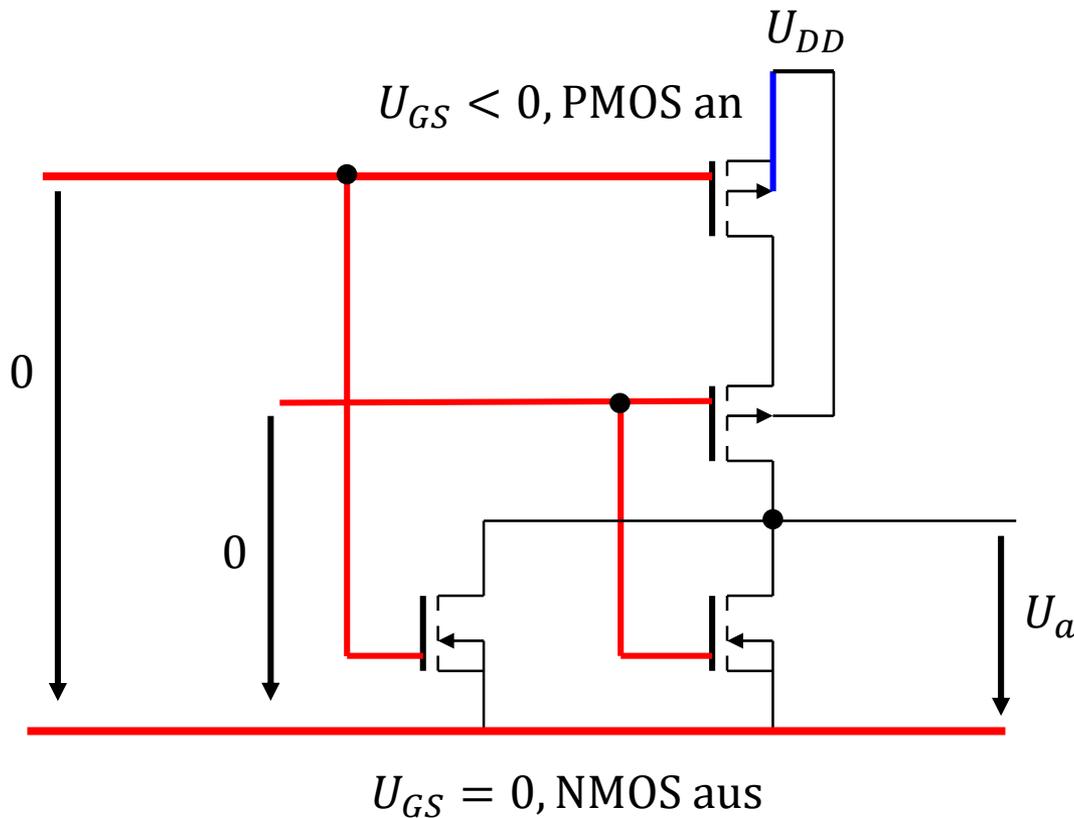
- Als Beispiel betrachten wir das NOR-Gatter



$U_1$	$U_2$	$U_a$

# Digitale Schaltungen in CMOS

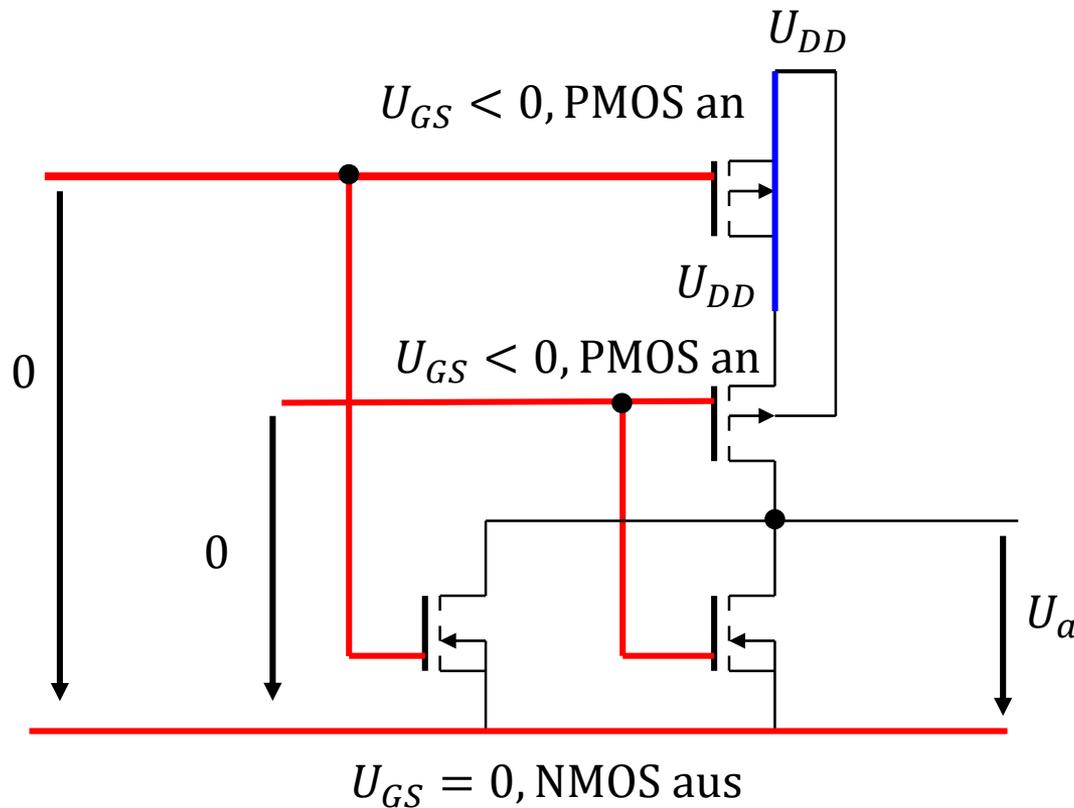
- Als Beispiel betrachten wir das NOR-Gatter



$U_1$	$U_2$	$U_a$
0	0	

# Digitale Schaltungen in CMOS

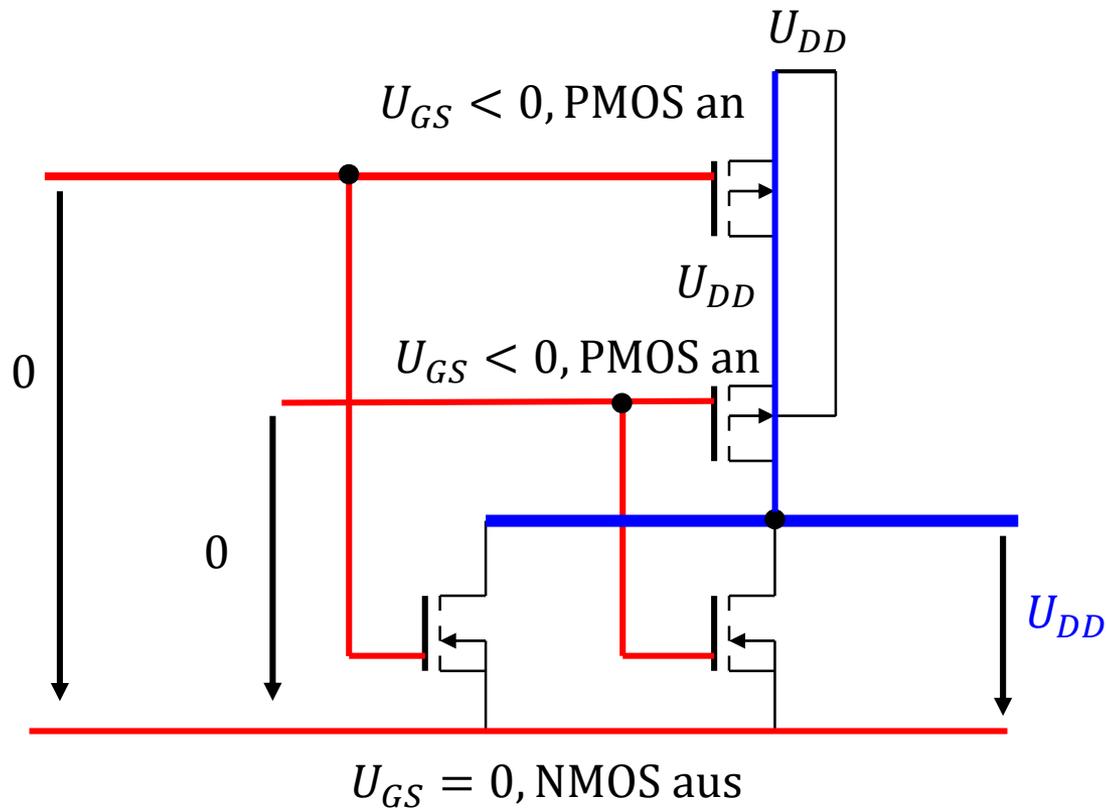
- Als Beispiel betrachten wir das NOR-Gatter



$U_1$	$U_2$	$U_a$
0	0	

# Digitale Schaltungen in CMOS

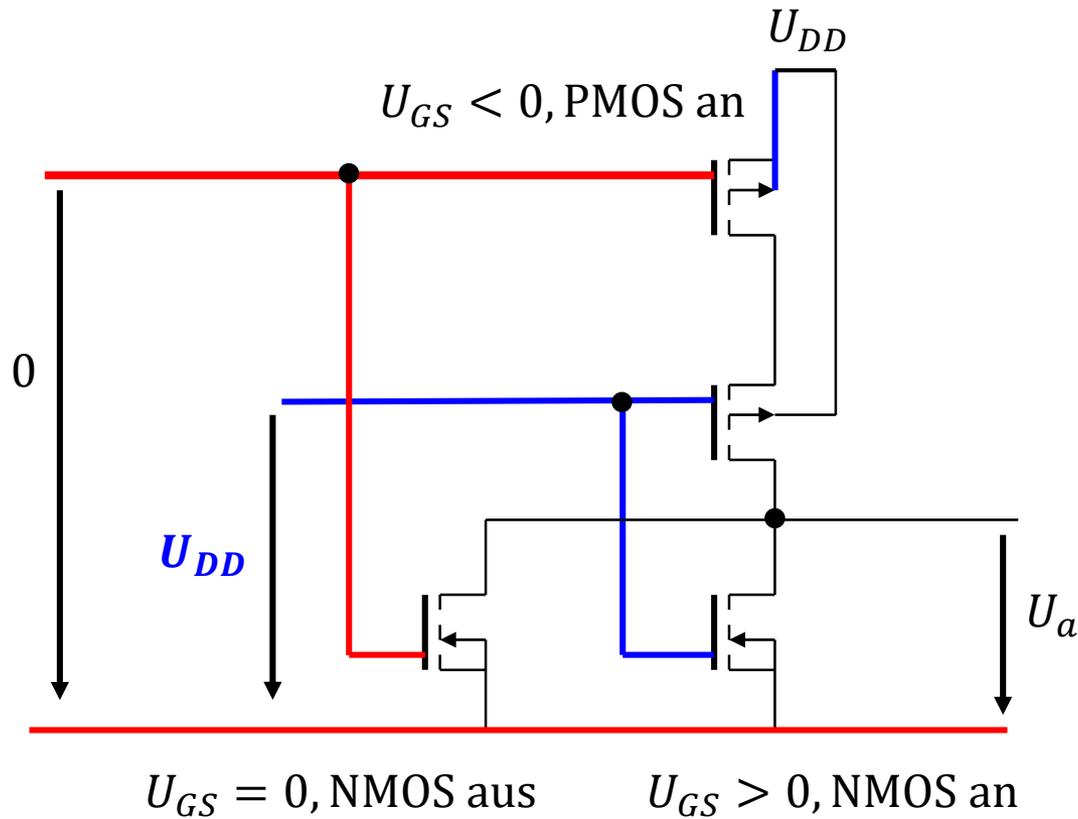
- Als Beispiel betrachten wir das NOR-Gatter



$U_1$	$U_2$	$U_a$
0	0	1

# Digitale Schaltungen in CMOS

- Als Beispiel betrachten wir das NOR-Gatter

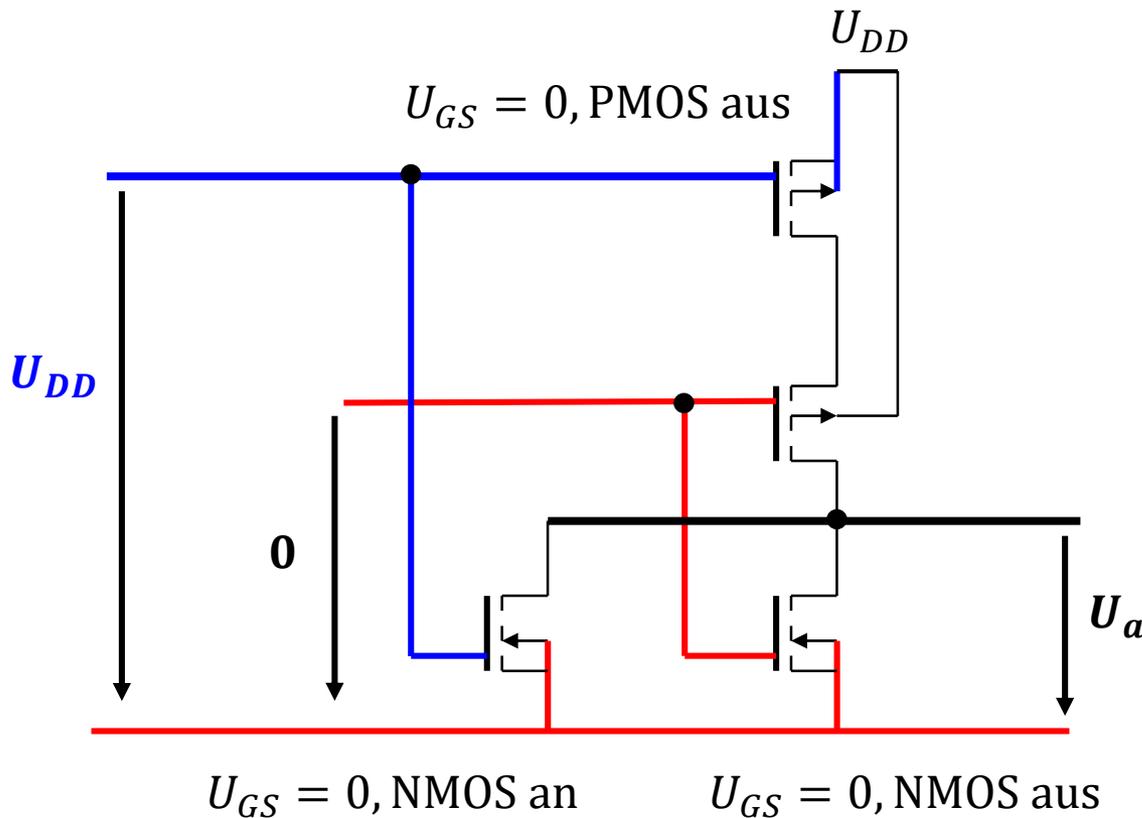


$U_1$	$U_2$	$U_a$
0	0	1
0	1	



# Digitale Schaltungen in CMOS

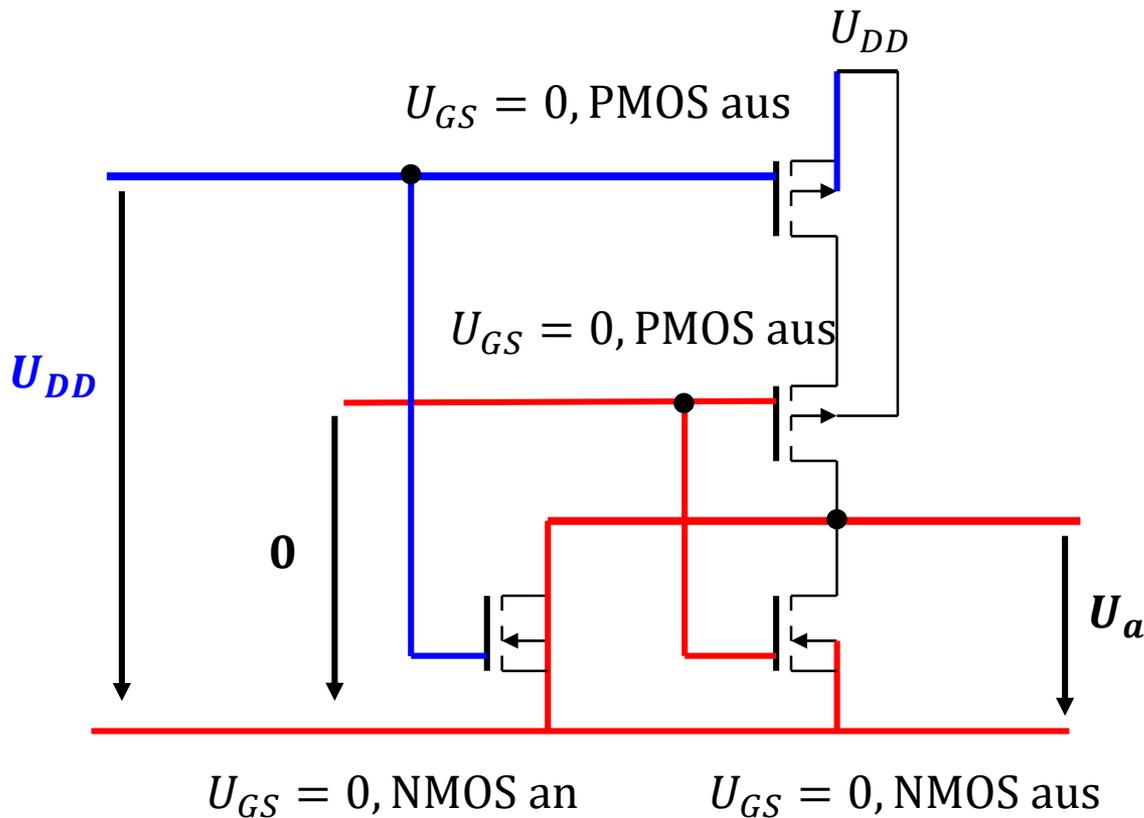
- Als Beispiel betrachten wir das NOR-Gatter



$U_1$	$U_2$	$U_a$
0	0	1
0	1	0
1	0	

# Digitale Schaltungen in CMOS

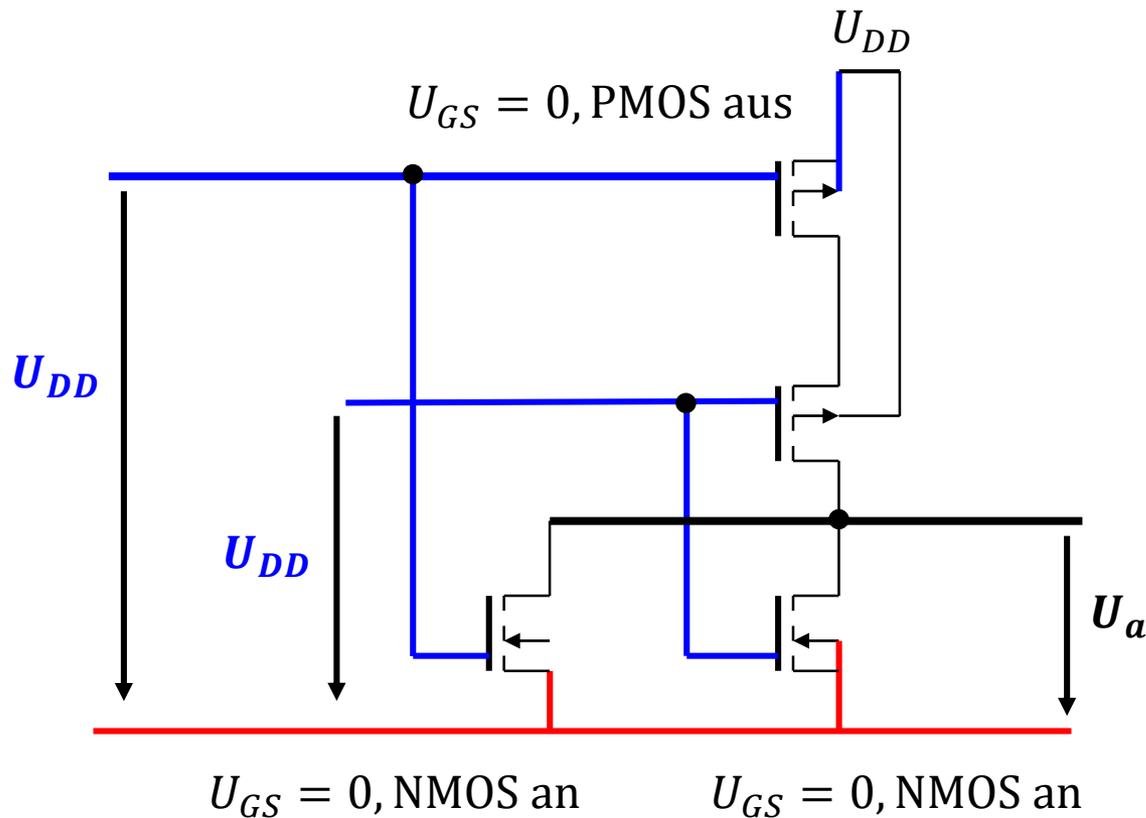
- Als Beispiel betrachten wir das NOR-Gatter



$U_1$	$U_2$	$U_a$
0	0	1
0	1	0
1	0	0

# Digitale Schaltungen in CMOS

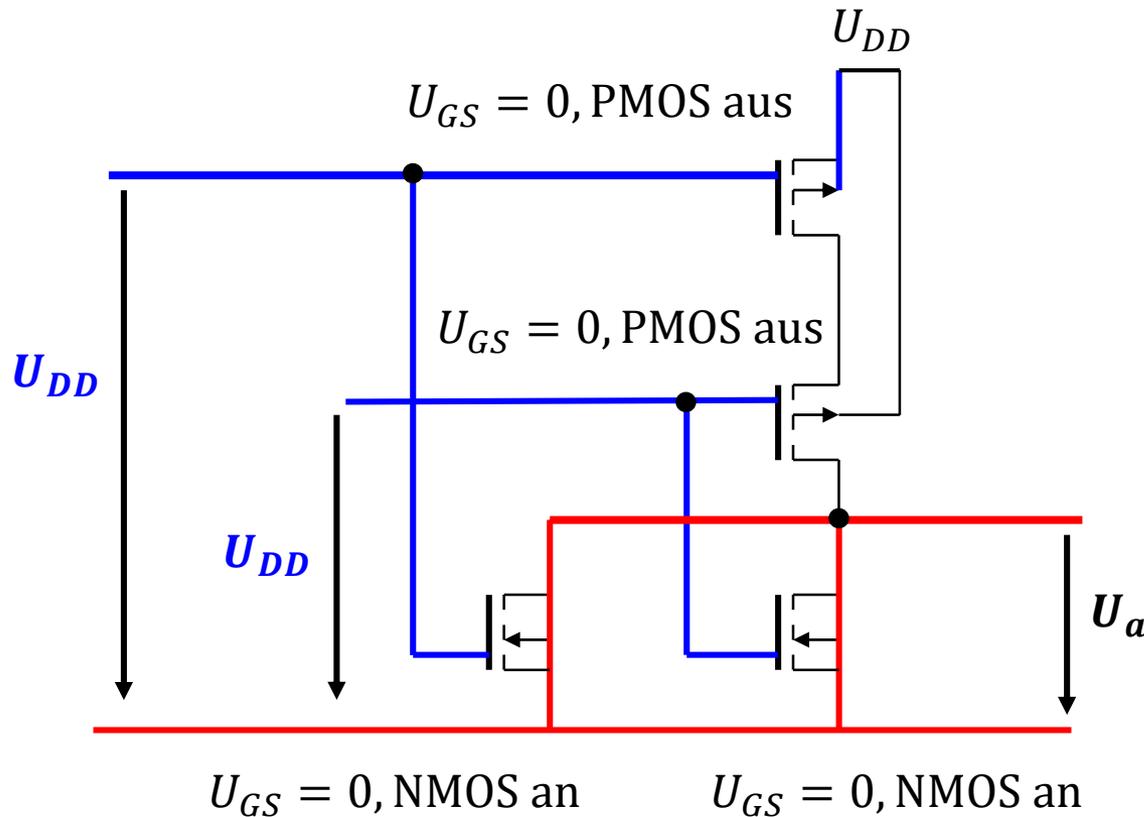
- Als Beispiel betrachten wir das NOR-Gatter



$U_1$	$U_2$	$U_a$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	

# Digitale Schaltungen in CMOS

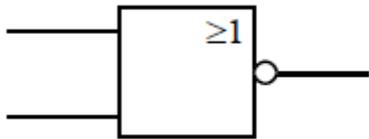
- Als Beispiel betrachten wir das NOR-Gatter



$U_1$	$U_2$	$U_a$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

# Digitale Schaltungen in CMOS

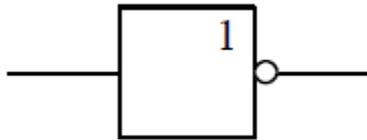
- Als Beispiel betrachten wir das NOR-Gatter



Nicht Oder - Gatter (NOR)

$U_1$	$U_2$	$U_a$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

# Digitale Schaltungen in CMOS

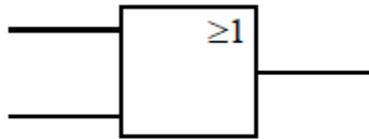


Inverter (NOT)



UND - Gatter (AND)

$U_1$	$U_2$	$U_a$
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



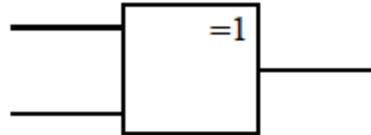
Oder - Gatter (OR)

$U_1$	$U_2$	$U_a$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



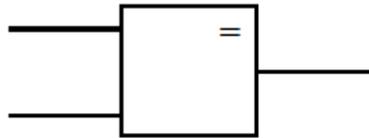
Nicht UND - Gatter (NAND)

$U_1$	$U_2$	$U_a$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



Antivalenz - Gatter (EXOR)

$U_1$	$U_2$	$U_a$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0



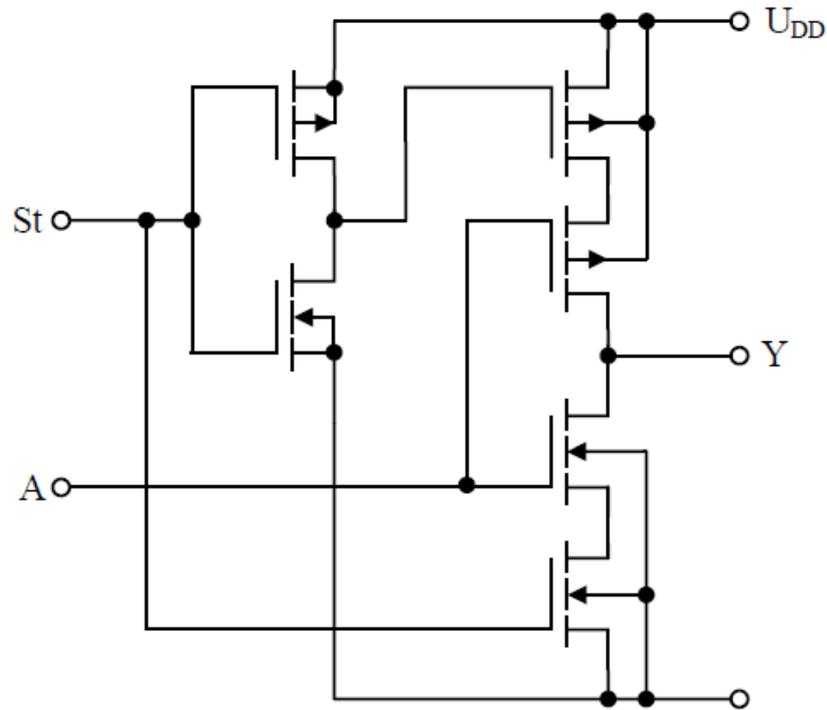
Äquivalenz - Gatter (EXNOR)

$U_1$	$U_2$	$U_a$
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

# Tristate Logik

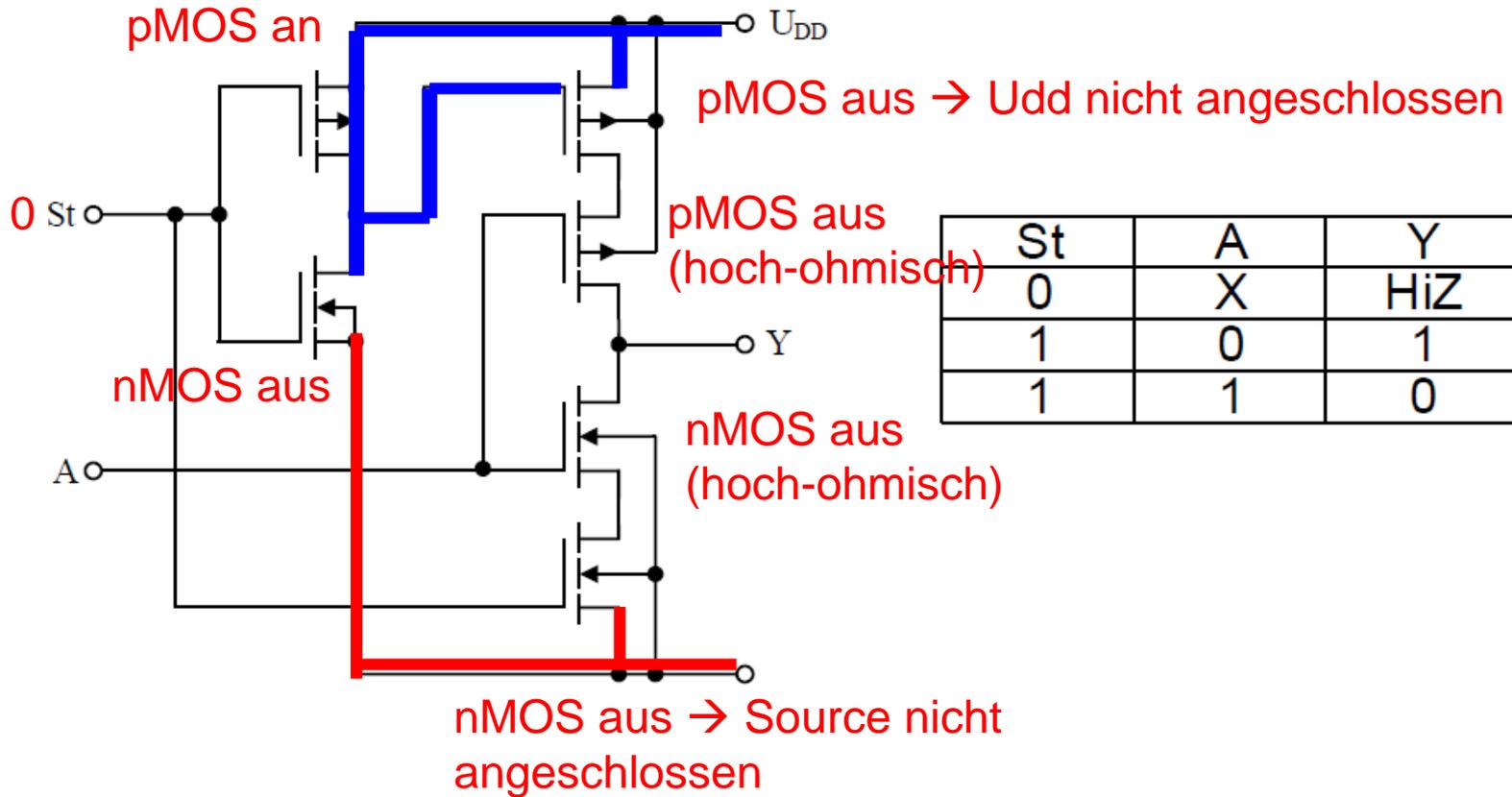
- Die Gatterschaltungen erzeugen am Ausgang eine niederohmige Verbindung mit der Masse oder der Versorgungsspannung
- Zum Anschluss an einer Leitung eines Bussystems mit vielen Komponenten werden Tristate Logik-Schaltungen eingesetzt
- Solche Schaltungen erzeugen einen hoch-ohmische Anschluss am Ausgang, wenn nicht im Einsatz → ein dritter Zustand

# Tristate Inverter

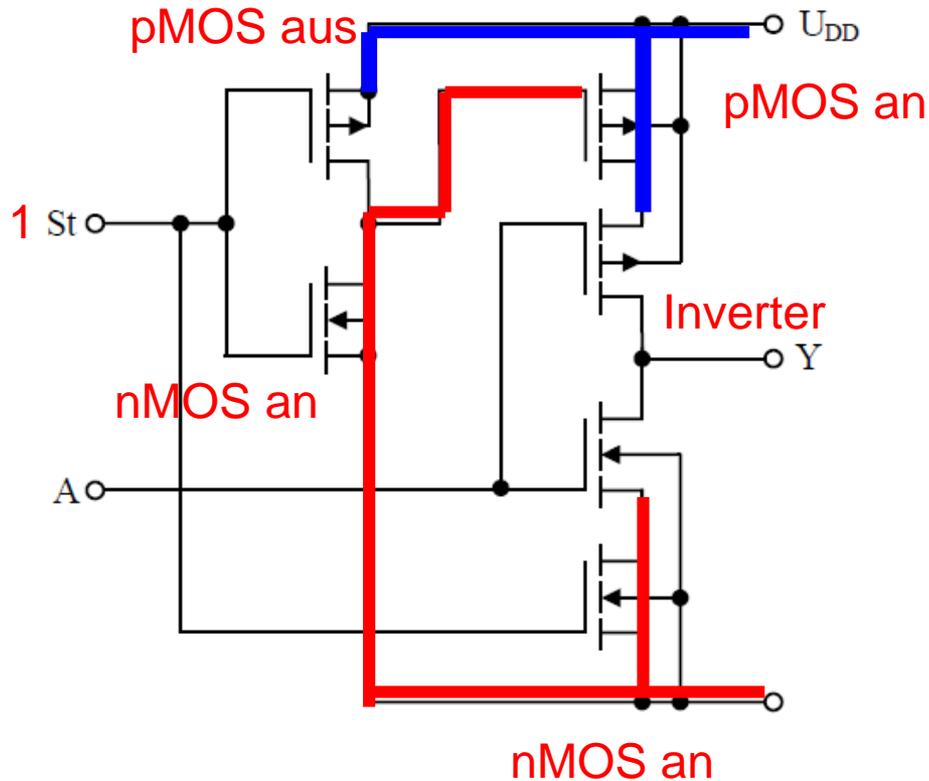


St	A	Y
0	X	HiZ
1	0	1
1	1	0

# Tristate Inverter



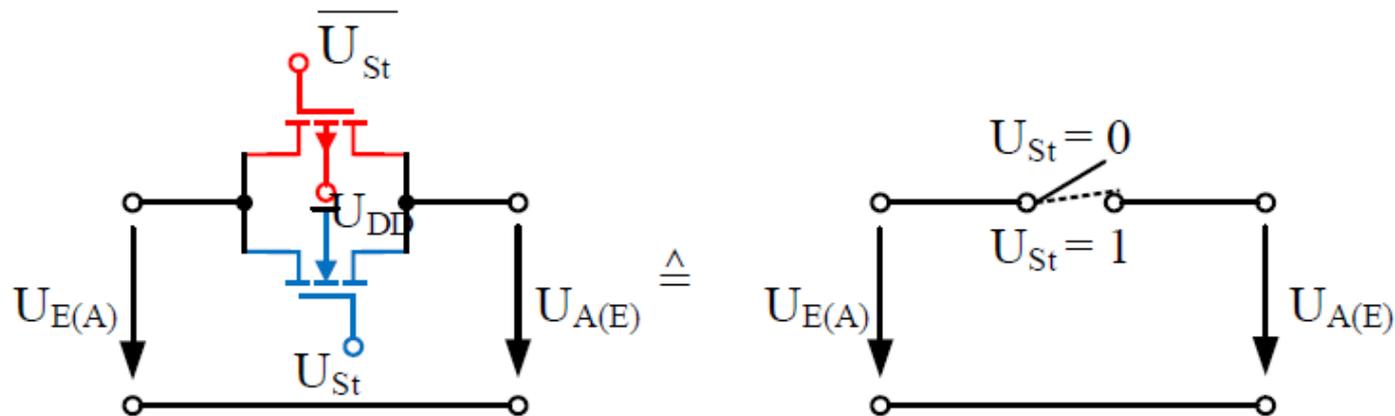
# Tristate Inverter



St	A	Y
0	X	HiZ
1	0	1
1	1	0

# Transfer Gatter (Transmission Gate)

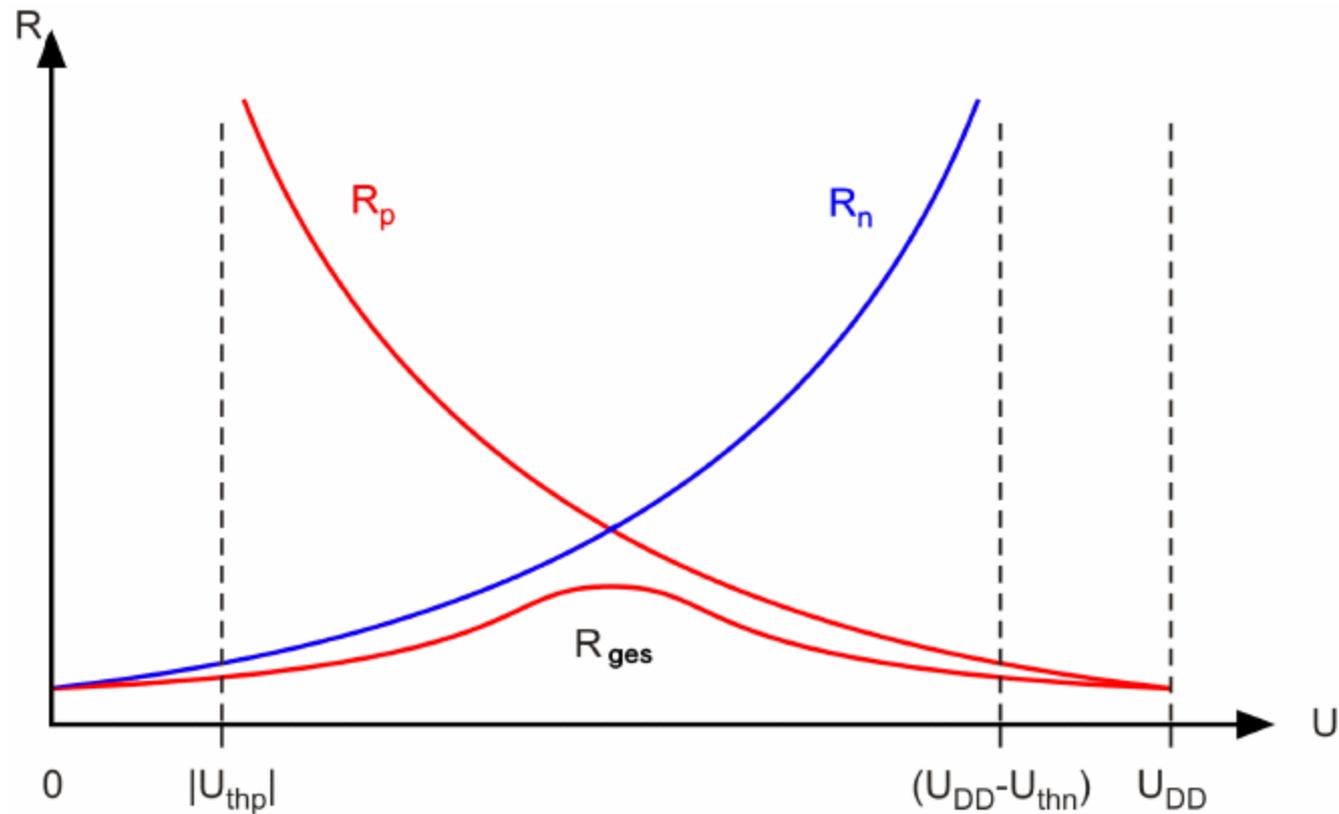
- Neben logischen Gattern werden CMOS Transistoren oft als schnelle elektronische Schalter eingesetzt



- Für  $U_{ST} = U_{DD}$  ( $\overline{U_{ST}} = 0$ ) ist nMOS an und pMOS an – Schalter geschlossen
- Für  $U_{ST} = 0$  ( $\overline{U_{ST}} = U_{DD}$ ) ist nMOS aus und pMOS aus – Schalter offen

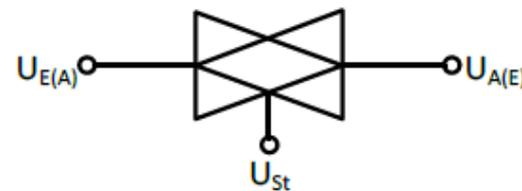
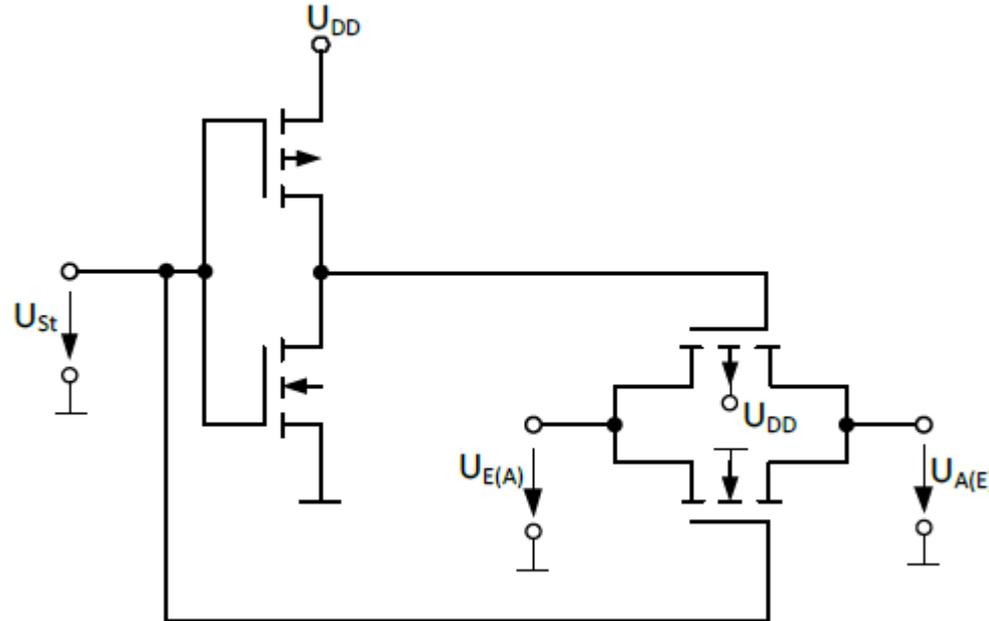
# Transfer Gatter (Transmission Gate)

- Das eigentliche Verhalten hängt zum Teil von  $U_E$  ab



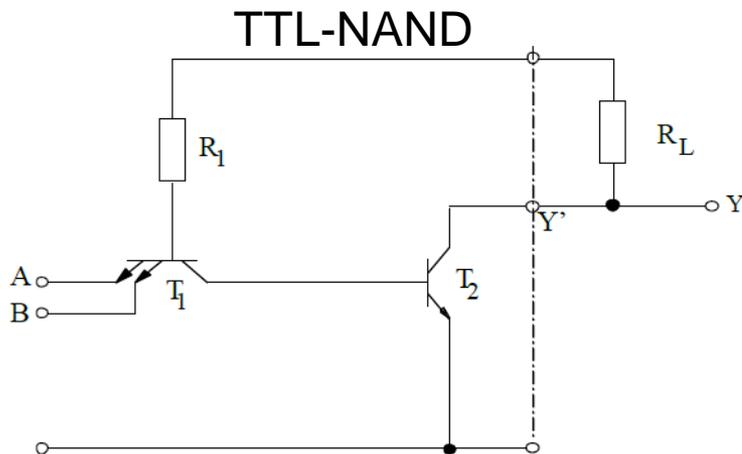
# Transfer Gatter (Transmission Gate)

## ■ Transfer Gatter mit Inverter

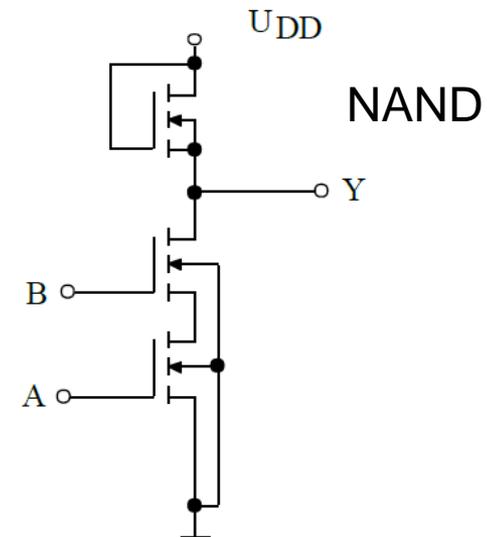


# Andere Schaltkreisfamilien

- CMOS hat die anderen Schaltkreisfamilien zum größten Teil überholt, und heute sind solche Schaltungen in seltenen Fällen zu sehen



TTL-Schaltkreise (Transistor-Transistor Logic)  
(70er und 80er Jahren, zum Teil zusammen mit CMOS bis 90er Jahren)



nMOS Schaltkreise  
(bis 80er Jahren, pMOS nur als aktive Last → schneller aber statische Verlustleistung)