

# Tutorium 5 Digitaltechnik

**Sven Flerlage**

Institut für Mikro- und Nanoelektronische Systeme

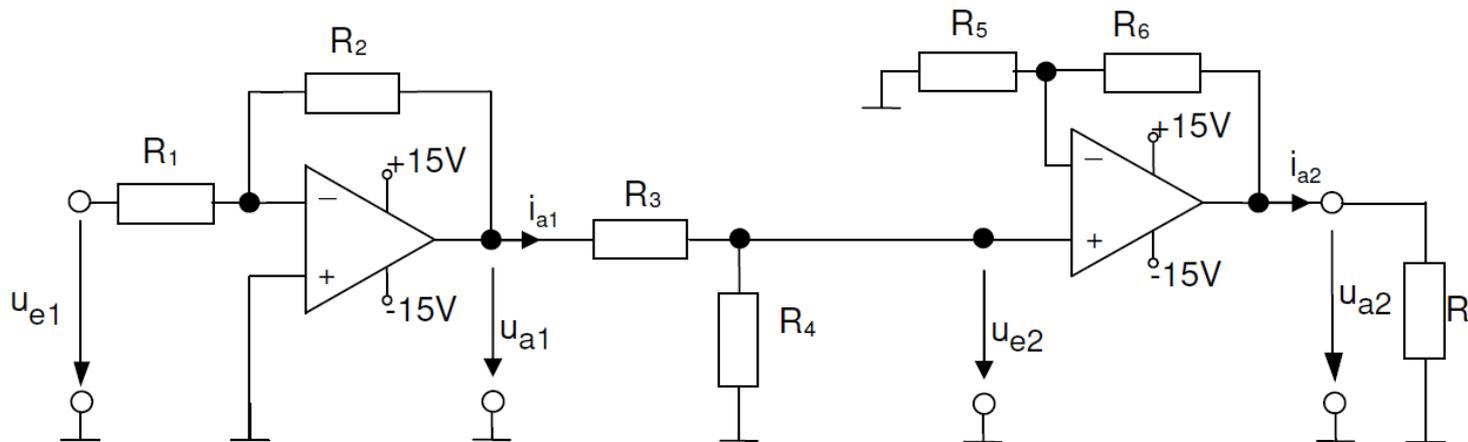


# Übersicht

- Organisatorisches
- Vorstellung der letzten Abgabe
- Einleitung
- Rechnen der Aufgaben
- Zusammenfassung
- Ausblick

# Aufgabe 21

- 21.1 In welchen Grundschaltungen werden die beiden Operationsverstärker betrieben?
- 21.2 Berechnen Sie die Verstärkung  $u_{a1}/u_{e1}$  sowie die Verstärkung  $u_{a2}/u_{e2}$ .
- 21.3 Bis zu welcher Grenzfrequenz  $f_g$  kann die Schaltung betrieben werden?
- 21.4 Berechnen Sie  $R_4$  damit sich eine gesamte Verstärkung der Schaltung  $A_{ges} = -45,45$  einstellt.
- 21.5 Berechnen Sie den Strom  $i_{a2}$  für eine Eingangsspannung  $u_{e1} = 285 \text{ mV}$ . Rechnen Sie mit den Werte aus Aufgabe 21.4.



In Bild 21.1 ist eine mehrstufige Verstärkerschaltung dargestellt. Es kommen zwei Operationsverstärker (TL072) zum Einsatz, die jeweils mit  $\pm 15 \text{ V}$  versorgt werden. In Bild 21.2 ist ein Ausschnitt des Datenblatts gezeigt. Die Widerstände haben folgende Werte:  $R_1 = 1,2 \text{ M}\Omega$ ;  $R_2 = 600 \text{ k}\Omega$ ;  $R_3 = 470 \text{ k}\Omega$ ;  $R_5 = 11 \text{ k}\Omega$ ;  $R_6 = 1,1 \text{ M}\Omega$ ;  $R_L = 10 \text{ k}\Omega$

# Noch Fragen ?

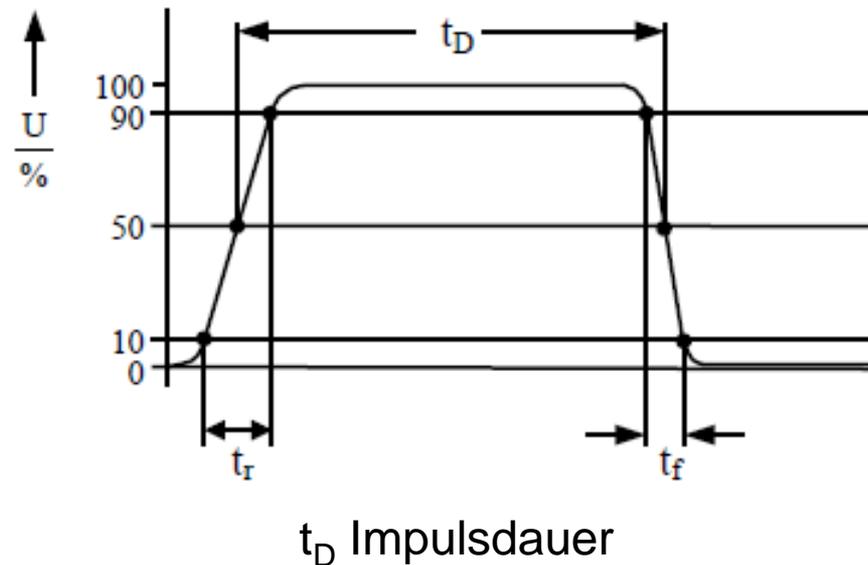
# Zeitbegriffe

## ■ Anstiegszeit

- Die Zeit, die der Ausgang eines Gatters benötigt um von 10% auf 90% der Ausgangsspannung zu steigen

## ■ Abfallzeit

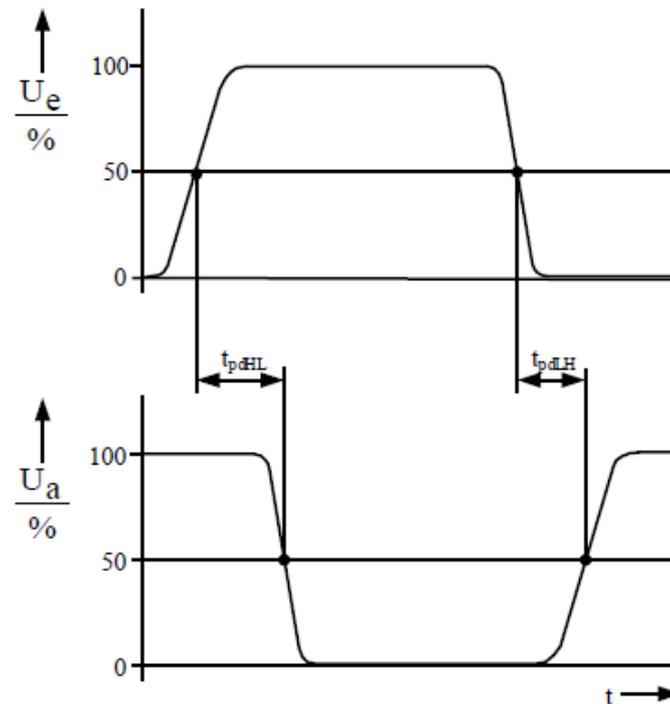
- Die Zeit, die der Ausgang eines Gatters benötigt um von 90% auf 10% der Ausgangsspannung zu fallen



# Zeitbegriffe

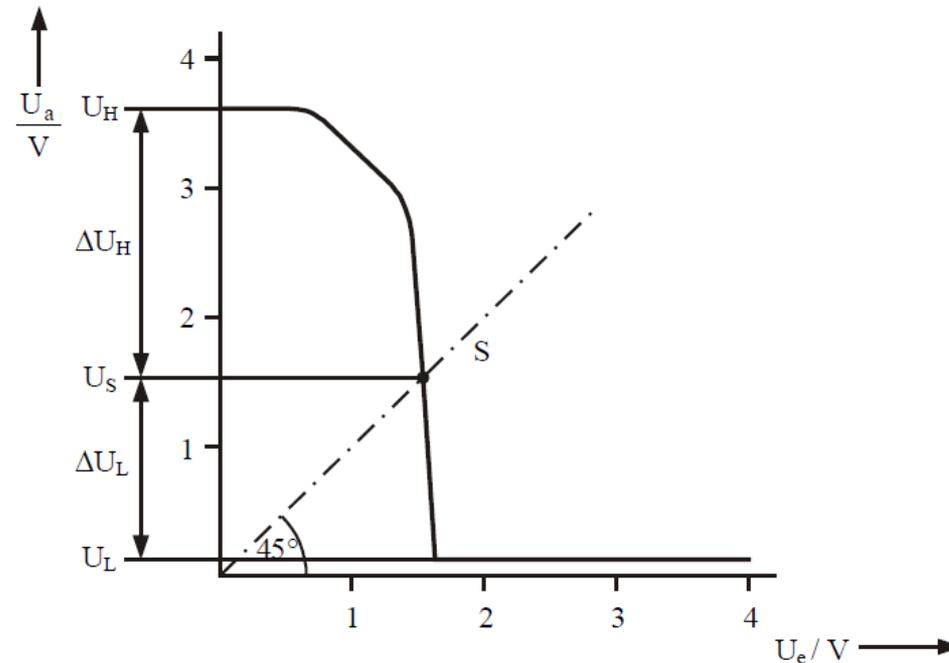
## ■ Verzögerungszeit

- Die Zeit, die zwischen dem Zeitpunkt vergeht, bei dem der Eingangspegel bei 50% der Betriebsspannung liegt und dem Zeitpunkt, zu dem der Ausgang ebenfalls 50% der Betriebsspannung erreicht hat.



# Störabstände

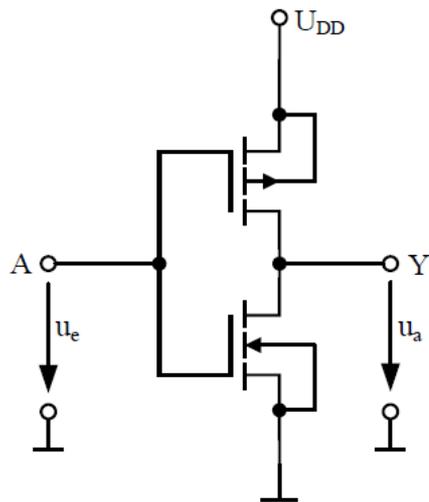
- Spannungsdifferenz zwischen dem Signalpegel  $U_H$  oder  $U_L$  und der Spannung im Schaltpunkt  $U_S$ .
- Schaltpunkt bestimmen:
  - Der Schaltpunkt ist der Schnittpunkt der ersten Winkelhalbierenden mit der Übertragungskennlinie.



**Bild 7.2:** Übertragungskennlinie und Störabstände eines TTL-Inverters (7404).

# CMOS-Schaltungen

- Logikoperationen als **Pull-Up-Pfad (p-Kanal)** und **Pull-Down-Pfad (n-Kanal)** realisiert
- Immer nur ein Pfad leitet da **PMOS** und **NMOS** komplementäre Eingangsspannungen haben



CMOS Inverter

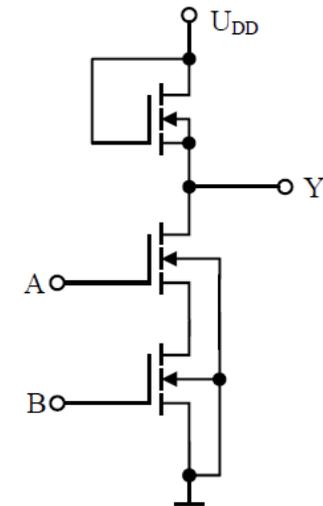
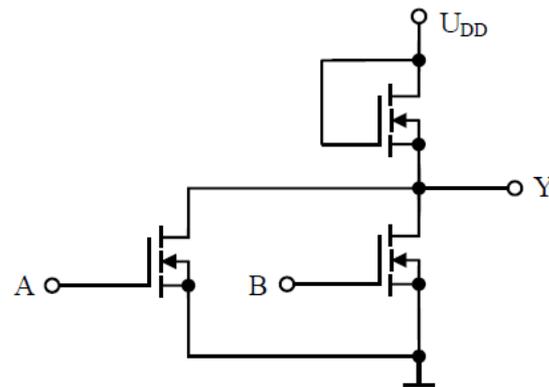
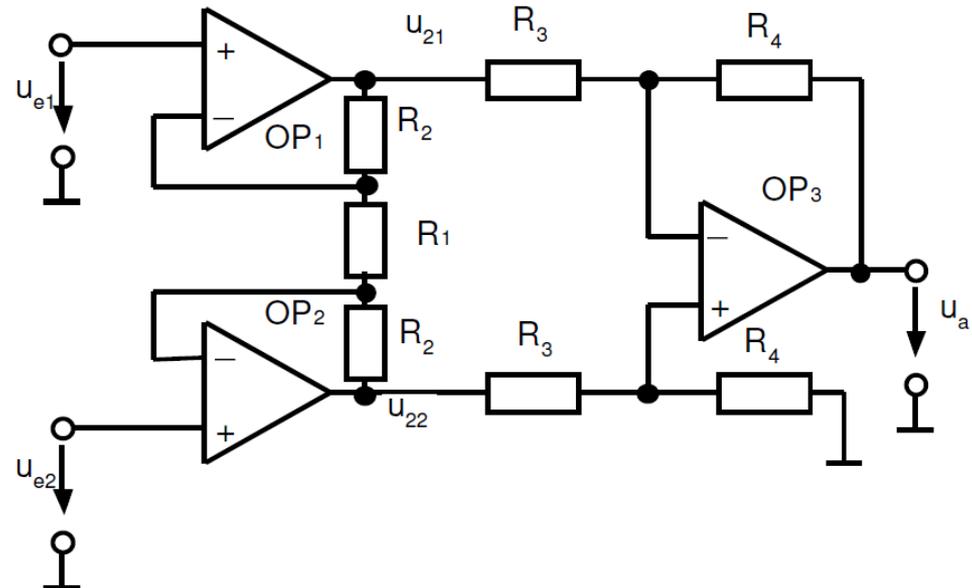


Bild 8.13: NOR- und NAND-Schaltung mit n-Kanal MOSFETs vom Anreicherungstyp mit Lasttransistor vom Anreicherungstyp.

# Noch Fragen ?

# Aufgabe 23

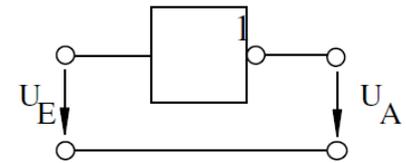
- 23.1 In welchen Grundschaltungen werden die Verstärker  $OP_1$ ,  $OP_2$  und  $OP_3$  betrieben?
- 23.2 Bestimmen Sie formelmäßig die Ausgangsspannung  $u_a$  als Funktion der Eingangsspannungen  $u_{e1}$  und  $u_{e2}$  und berechnen Sie die Verstärkung  $A$  der Schaltung!
- 23.3 Wie ändert sich die Verstärkung, wenn  $R_4 = 20,0 \text{ k}\Omega$  ist?
- 23.4 Wie groß muss  $R_1$  werden, damit die Gesamtverstärkung der Schaltung  $A=1000$  ist?  
 ( $R_2 = 510 \text{ k}\Omega$ ,  $R_3 = 10,0 \text{ k}\Omega$ ,  $R_4 = 10,0 \text{ k}\Omega$ )



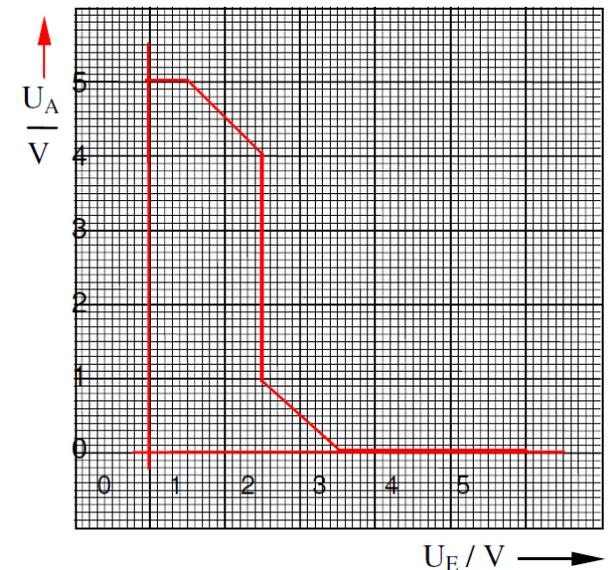
# Aufgabe 25

25.1 Bestimmen Sie aus Bild 25.2 folgende Daten des Inverters:

- Verzögerungszeit beim Übergang vom HIGH-Pegel zum LOW-Pegel am Eingang
- Verzögerungszeit beim Übergang vom LOW-Pegel zum HIGH-Pegel am Eingang
- Anstiegszeit der Ausgangsspannung
- Abfallzeit der Ausgangsspannung
- Gatterlaufzeit des Inverters

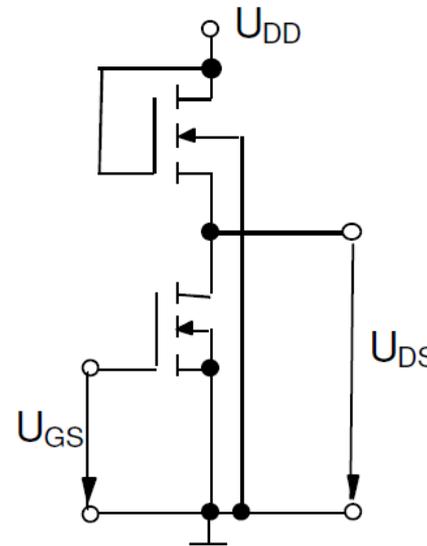
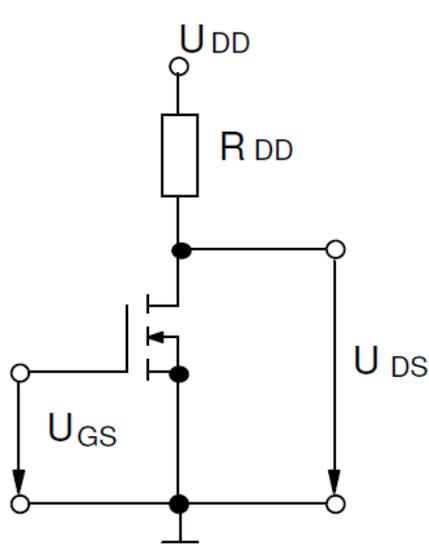


25.2 Der Inverter hat eine Übertragungskennlinie nach Bild 25.3. Ermitteln Sie graphisch die absoluten ( $\Delta U_H$ ,  $\Delta U_L$ ) und die relativen ( $Z_H$ ,  $Z_L$ ) Störabstände des Inverters.



# Aufgabe 26

- 26.1 Der Lastwiderstand sei  $R_{DD} = 8 \text{ k}\Omega$ . Tragen Sie die Lastgerade in das Kennlinienfeld ein. Skizzieren Sie die Übergangskennlinien der beiden Inverterschaltungen ( $U_{DS}$  über  $U_{GS}$ ), wenn die Inverter bei  $U_{DD} = 10 \text{ V}$  betrieben werden ! (Lasttransistor:  $U_{th} = 1,2 \text{ V}$ ) (Ermitteln Sie die notwendigen Punkte aus dem Kennlinienfeld)
- 26.2 Ermitteln Sie aus dem Kennlinienfeld die Steilheit  $S$  des Transistors zwischen  $U_{GS} = 2 \text{ V}$  und  $U_{GS} = 3 \text{ V}$  und zwischen  $U_{GS} = 3,5 \text{ V}$  und  $U_{GS} = 4,5 \text{ V}$  !
- 26.3 Am Eingang der Schaltungen liegt eine Spannung  $U_{GS} = 10 \text{ V}$  an. Berechnen Sie die Verlustleistungen der Inverter für diesen Fall !



# Noch Fragen ?

# Zusammenfassung

- Zeitbegriffe
  - $t_r$ ,  $t_f$ ,  $t_D$ ,  $t_{pdHL}$ ,  $t_{pdLH}$
- Störabstände
  - Winkelhalbierende, relative Störabstände
- CMOS-Struktur
  - PMOS, NMOS

# Noch Fragen ?

# Ausblick

- Nächstes Tutorium: 17.07.2018
  - Thema: Flip-Flop-Schaltungen

**Vielen Dank für die  
Aufmerksamkeit**