

Klausuraufgaben Integrierte Schaltungen (xx.10.2008)

**Aufgabe 1 – MOS-Transistor (6 Punkte)**

- a) Zeichnen Sie die Übertragungskennlinie  $I_{DS}=f(U_{GS})$  (bei  $U_{DS}=U_{th}$ ) für einen N-Kanal-MOSFET vom Anreicherungstyp ("enhancement mode"); Kennzeichnen Sie die Einsatzspannung  $U_{th}$ , sowie den Unterschwellenstrombereich, den Sättigungsbereich und den Triodenbereich (2 P.)
- b) Zeichnen Sie auch die Ausgangskennlinie  $I_{DS}=f(U_{DS})$  – und zwar für verschiedene Gate-Source-Spannungen  $U_{GS}$  – und kennzeichnen Sie die zwei Betriebsbereiche. Nennen Sie die Kennliniengleichungen für beide Betriebsbereiche. (2 P.)
- c) Worin besteht (qualitativ) der wesentliche Unterschied zwischen beiden Bereichen (nach Frage b) in Bezug auf das Verhalten des Transistors und seine Verstärkung? (2 P.)

Aufgabe 2 – NMOS-Inv  
a) 7

## Aufgabe 2 – NMOS-Inverter mit passiver Last (7 Punkte)

- a) Zeichnen Sie einen NMOS-Inverter mit passiver Last (Lastwiderstand  $R_L$ ) und Lastkapazität  $C_L$ . Kennzeichnen Sie die Eingangsspannung  $U_{ein}$  und die Ausgangsspannung  $U_{aus}$  (1 Punkt)
- b) Berechnen Sie die Kleinsignalübertragungsfunktion  $A_V(j\omega) = U_{aus}/U_{ein}$ . (3 Punkte)
- c) Bestimmen Sie die Verstärkung  $A_0 = |A_V(\omega=0)|$  für kleine Frequenzen. (1 Punkt)
- d) Bestimmen Sie die 3-dB-Grenzfrequenz  $\omega_{3dB} = \omega_{|A_V(j\omega)| = 1/2A_0}$ . (2 Punkte)
- e\*) Bestimmen Sie die Verstärkung  $A_0$  und 3-dB-Grenzfrequenz  $\omega_{3dB}$  als Funktion des Stroms  $I_D$ . (3 Punkte)

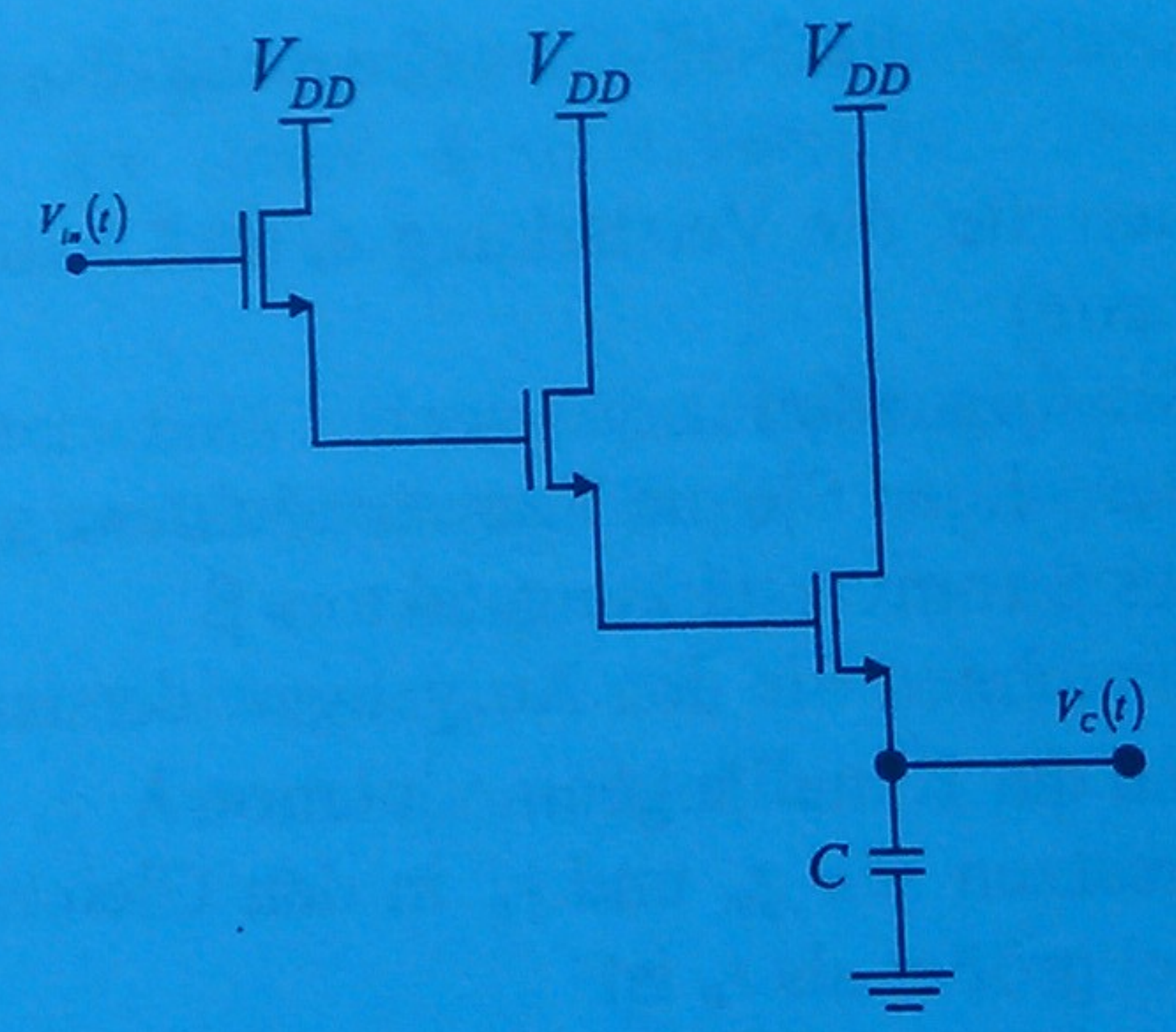
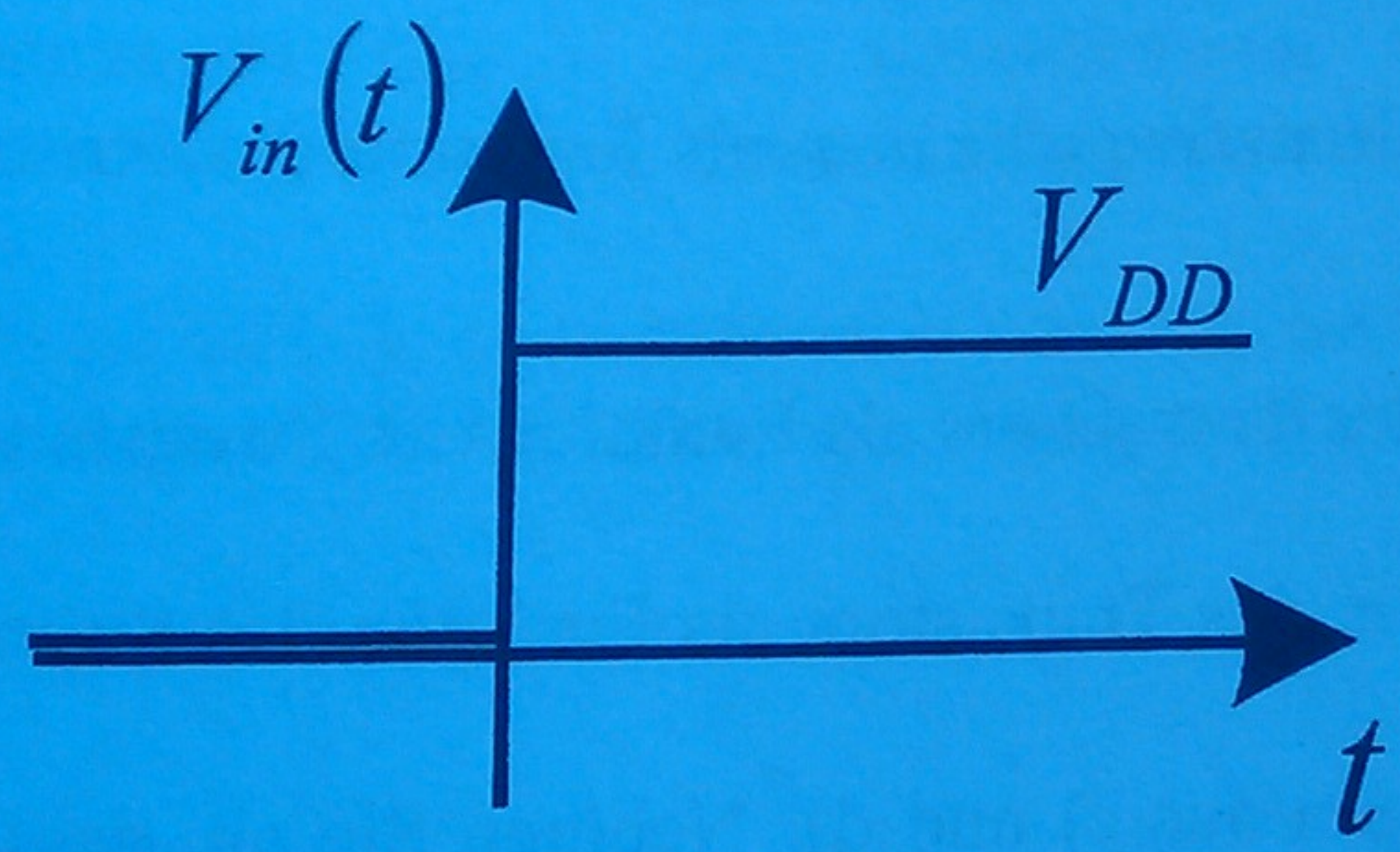
Gehen Sie folgendermassen vor:

1. Berechnen Sie die Transkonduktanz  $g_m$  des Transistors als Funktion des Stromes und des Stromverstärkungsfaktors  $\beta$
2. Berechnen Sie den Ausgangswiderstand  $r_o$  des Transistors als Funktion des Stromes und der Kanallängenmodulation  $\lambda$
3. Ersetzen Sie  $g_m$  und  $r_o$  in den Gleichungen aus c) und d). Nehmen Sie an, dass  $r_o$  viel größer als  $r_L$  ist
4. Beschreiben Sie den "design trade-off" der sich aus dieser Betrachtung ergibt!

### Aufgabe 3 (3 Punkte)

$V_{in}(t)$  sei eine Sprungfunktion mit Endwert  $V_{DD}$  und  $V_T$  die Einsatzspannung der n-MOS-Transistoren. Die Ausgangsspannung  $V_c(t)$  über dem Kondensator  $C$  hat bei  $t=0$  den Wert  $0 V$ . Berechnen Sie den Endwert der Spannung  $V_c(t)$  auf dem Kondensator  $C$  (siehe Abbildungen unten).

*Hinweis: Berechnen Sie sukzessive die Source-Spannungen der Transistoren vom Eingang (Transistor ganz links) bis zum Ausgang (Transistor ganz rechts).*



#### Aufgabe 4 (4 Punkte)

- a) Zeichnen Sie einen Transfertransistor, der eine Signalquelle (ideale Spannungsquelle) mit der Spannung  $V_{in}(t)$  und eine Lastkapazität  $C_L$  miteinander verbindet. Am Gate des Transfertransistors liegt das Steuersignal  $\phi$  an. (1 Punkt)
- b) Das Steuersignal  $\phi$  sei nun logisch "1" ( $V_\phi = V_{DD}$ ). Auf welche Spannung wird die Lastkapazität  $C_L$  aufgeladen, wenn das Eingangssignal  $V_{in}(t)$  nun einen Sprung von  $V_{in}(t) = 0$  V auf  $V_{in}(t) = V_{DD}$  vollführt? (1 Punkt)
- c) Welches Problem ergibt sich daraus? Wie lässt es sich lösen? (2 Punkte)
- d\*) Was geschieht mit der Ladung im Kanal des Transfertransistors, wenn dieser ausgeschaltet wird? (1 Punkt)