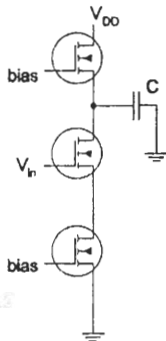


Integrierte Schaltungen:

- 1.) Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild eines CMOS-Inverters! (5P)
- 2.) Ein Pseudo-NMOS-Inverter und ein CMOS-Inverter sollen dimensioniert werden. Bei Ansteuerung auf der Schaltschwelle $U_{in} = U_{DD}/2$ soll für jeweils beide Transistoren die gleiche Stromerגיעbigkeit gelten. Wie groß müssen dafür die Weiten der Transistoren gewählt werden? (4P)
- 3.) Wie sind die Störabstände NM_H und NM_L definiert? (1P)
- 4.) Zeichnen Sie die Übertragungskennlinie eines CMOS-Inverters! Stellen Sie bei der Übertragungskennlinie dar, in welchen Arbeitsbereichen sich die Transistoren jeweils befinden. Kennzeichnen Sie U_{IL} , U_{IH} , U_{OL} und U_{OH} ! (2P)
- 5.) Aufgabe „unity gain bandwidth“-Verstärker (8P)

Alles NMos-Kanäler.



- a) Bestimmen Sie die Frequenz. $f = \frac{g_m}{2 \cdot \pi \cdot \tau}$
- b) Bestimmen Sie die Verstärkung der Schaltung.

Physik und Technologie der Halbleiterbauelemente:

1. Technologie (5P)

1.1.) Geben Sie die Fick'schen Gesetze an und leiten Sie daraus die 1-dimensionale Diffusionsgleichung her! (1P)

1.2.) Zeichnen Sie den Aufbau eines p-Kanal-Transistors im Schnitt entlang der Längsachse durch den Transistor. (2P)

1.3.) Zur Herstellung einer Diode in Planartechnik wurde in ein homogen dotiertes n-Substrat eine p-Wanne (Well) und eine n-Wanne eindiffundiert. (siehe Skizze)

Die n-Wannendiffusion wurde aus einer dünnen Oberflächenbelegung heraus durchgeführt (erschöpfliche Quelle). Die p-Wanne wurde aus der Gasphase heraus mit Bor-Atomen diffundiert (unerschöpfliche Quelle).

Tragen Sie qualitativ entlang eines Längsschnittes durch das Bauelement, wie durch die gestrichelte Linie und das Koordinatensystem in der Skizze angedeutet, die Dotierstoffkonzentration auf (von der Halbleiteroberfläche bis in das Substrat). Berücksichtigen Sie dabei die n⁺-Wannen-Diffusion, die p-Wannen-Diffusion und die homogene Substratdotierung.

Kennzeichnen Sie die Wannentiefe x_{n^+} des n⁺-Gebietes und die Tiefe x_p der p-Wanne. Geben Sie an, wie die Dotierungsprofile zu einem späteren Zeitpunkt des Diffusionsvorganges ($t_2 > t_1$) aussehen würden. (2P)

2. Physikalische Grundlagen (5P)

2.1.) Geben Sie die Poisson-Gleichung an! Schlüssel Sie die Ladungsträgerdichte ferner in die verschiedenen Ladungsträgerarten auf! (1P)

2.2.) homogene Anregung (2P)

In einem homogen n dotierten, kontaktlosen feldfreien Halbleiterkristall werden mit einer homogenen, stationären optischen Generationsrate G Elektron-Lochpaare pro cm^3 und s generiert. Wie vereinfachen sich unter diesen Bedingungen die Stromgleichungen und Bilanzgleichungen? Welche stationäre Überschussladungsträgerkonzentration Δn , Δp stellt sich bei schwacher Injektion ein?

2.3.) inhomogene Anregung (2P)

Es gelten die Bedingungen wie unter 2.2) geschildert. Jedoch werde nun die Einstrahlung so verändert, dass die Generation von Ladungsträgern zwar noch stationär aber nur oberflächennah stattfindet und in das Volumen hinein abklingt.

Was folgt in diesem Fall für Stromgleichung und Bilanzgleichung z.B. der Löcher?

Leiten sie daraus die stationäre Diffusionsgleichung für die Löcher her. Zeichnen Sie qualitativ den Verlauf des Energiebänderdiagramms für die vorliegende Situation unter Berücksichtigung der Quasiferminiveaus!

3. pn-Übergang (5P)

- 3.1.) Stellen Sie die $I(U)$ -Kennlinie für einen realen pn-Übergang in Flußrichtung in halblogarithmischer Darstellung dar und markieren Sie die drei wichtigen Bereiche! Nennen Sie die physikalischen Ursachen, die eine Abweichung dieser Kennlinie von der idealen nach dem Schockley-Modell bewirken! (2P)
- 3.2.) Nennen Sie die Formel für die Austrittsarbeit! (1P)
- 3.3.) Tragen sie die $I(U)$ -Kennlinie eines gleichrichtenden und eines Schottky-Kontaktes in ein Diagramm ein! (1P)
- 3.4.) Wie (durch welche Formel) muß die Diodengleichung nach Schockley ergänzt werden, damit sie nicht nur bei mittleren Strömen, sondern auch bei kleinen Strömen die reale Diode korrekt beschreibt? (1P)

4. Halbleiteroberfläche (5P)

- 4.1.) Ein MOS-Varaktor bestehe aus der Schichtenfolge Aluminium, Siliziumdioxid und p-Substrat. Zeichnen Sie das Energiebändermodell von der Oberfläche des p-Substrates bis in das neutrale Volumen hinein für den Fall der Anreicherung **UND** der starken Inversion! Markieren Sie für beide Fälle in den Skizzen das Volumenpotential ϕ_B und die Bandverbiegung ψ_s ! Kennzeichnen Sie den Midgap-Punkt! (2P)
- 4.2.) Wie groß ist die Bandverbiegung beim Übergang von schwache zu starker Inversion? (1P)
- 4.3.) Kann eine Bandverbiegung bestehen auch wenn kein äußeres Feld anliegt?
- 4.4.) Was versteht man unter Subthreshold-Bereich? Wie ist die Threshold-Spannung definiert? (1P)