

Übungsblatt 6

Eike Petersen¹

Besprechung am 22. Dezember 2021

Aufgabe 1 (Klausuraufgabe WS 2016/17)

a) Anwendung

Ein nichtlineares Bauteil hat die in Abbildung 1b dargestellte U - I -Kennlinie. Betrachten Sie die Schaltung in Abbildung 1a, in der das nichtlineare Bauteil eingesetzt wird. Bestimmen Sie ein stückweise lineares Modell der Charakteristik des Bauteils, und nutzen Sie dieses zur näherungsweisen Bestimmung des Arbeitspunkts (U_{NL} , I_{NL}), in dem das Bauteil in dieser Schaltung betrieben wird.

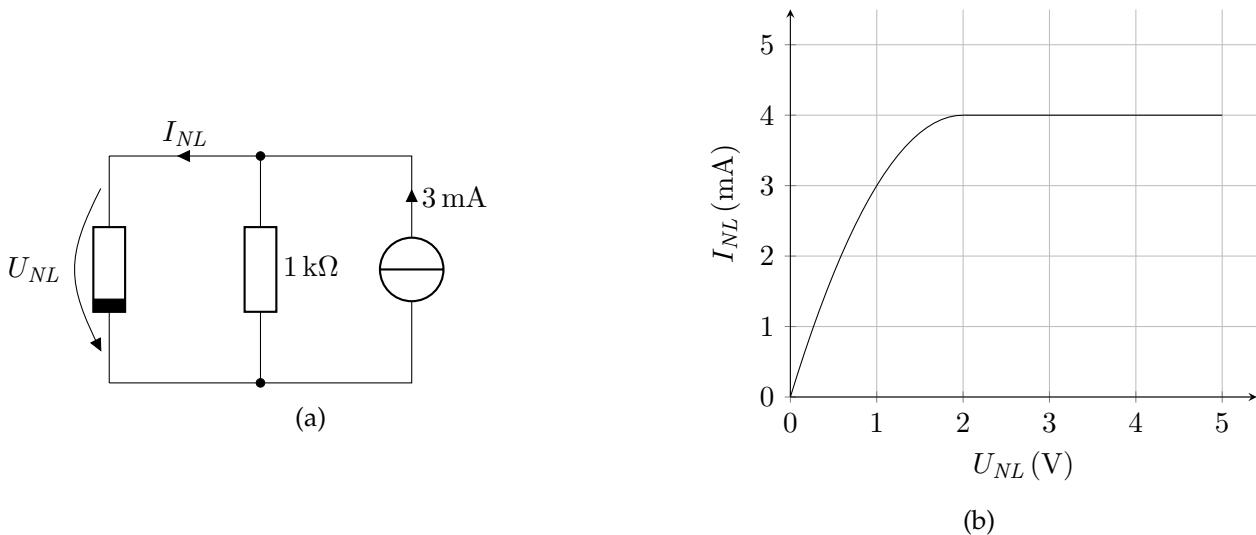


Abbildung 1

¹Institut für Medizinische Elektrotechnik, Universität zu Lübeck. Aufgaben teilweise modifiziert übernommen aus Agarwal, Lang (2005): „Foundations of Analog and Digital Electronic Circuits“.

b) Analyse / Synthese

Die im vorherigen Aufgabenteil verwendete U - I -Kennlinie des nichtlinearen Bauteils kann analytisch durch

$$I_{NL}(U_{NL}) = \begin{cases} I_{DSS} \cdot [2U_{NL}/U_P - (U_{NL}/U_P)^2] & \text{für } U_{NL} \leq U_P, \text{ und} \\ I_{DSS} & \text{sonst} \end{cases}$$

beschrieben werden, mit $I_{DSS} = 4 \text{ mA}$ und $U_P = 2 \text{ V}$.

- i) Zeigen Sie, dass das nichtlineare Bauteil in der Schaltung in Abbildung 2 *nicht* im konstanten Arbeitsbereich ($I_{NL} = I_{DSS}$) betrieben wird.
- ii) Bestimmen Sie analytisch den Wert der Spannung U_{NL} in der Schaltung in Abbildung 2.

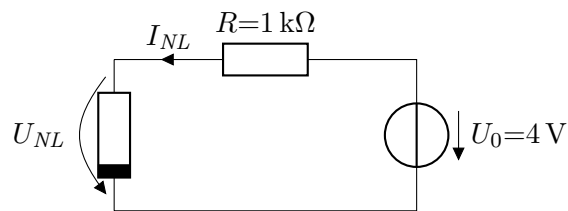


Abbildung 2

Aufgabe 2

Ein Elektronik-Hersteller vertreibt eine Familie von Logik-Bausteinen mit folgenden Spezifikationen:

- $U_{IL} = 1.5 \text{ V}$ (maximale Eingangsspannung für „0“-Signal)
- $U_{IH} = 3.5 \text{ V}$ (minimale Eingangsspannung für „1“-Signal)
- $U_{OL} = 1.0 \text{ V}$ (maximale Ausgangsspannung für „0“-Signal)
- $U_{OH} = 4 \text{ V}$ (minimale Ausgangsspannung für „1“-Signal)

- a) Was genau bedeuten diese Spannungs-Spezifikationen? Warum sollte immer gelten, dass $U_{IL} > U_{OL}$ sowie $U_{IH} < U_{OH}$?
- b) Zeichnen Sie eine mögliche Beziehung zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung für einen Buffer, der die o.g. Spezifikationen erfüllt. (Ein Buffer ist ein Bauteil, dessen logisches Ausgangssignal gleich dem logischen Eingangssignal ist. Er verhält sich somit ähnlich wie ein Invertierer, nur dass er eben nicht invertiert.)
- c) Zeichnen Sie eine mögliche Beziehung zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung für einen Invertierer, der die o.g. Spezifikationen erfüllt. (Ein Invertierer ist ein Bauteil, dessen logisches Ausgangssignal gleich dem negierten logischen Eingangssignal ist.)
- d) Bei der Übertragung von Informationen über stark durch Rauschen gestörte Leitungen können Buffer helfen, Übertragungsfehler zu minimieren, indem Sie die ursprünglichen Signalwerte wiederherstellen. Betrachten Sie im folgenden eine Übertragungsleitung, die pro Zentimeter Übertragungsstrecke mittelwertfreies Rauschen mit einer Peak-to-Peak-Amplitude von 80 mV aufnimmt (Abbildung 3 zeigt ein Beispiel eines solchen Rauschsignals). Wie viele Buffer benötigt man, um ein Signal über eine Entfernung von 2 m sicher über diese Leitung zu übertragen?
- e) Für eine weitere Logikfamilie sind folgende Spezifikationen angegeben: $U_{IL} = 0.8 \text{ V}$, $U_{IH} = 3.0 \text{ V}$, $U_{OL} = 0.3 \text{ V}$, $U_{OH} = 4.5 \text{ V}$. Würde ein Invertierer dieser Logikfamilie den Eingang eines Invertierers der ersten Logikfamilie korrekt ansteuern? Würde ein Invertierer der ersten Logikfamilie den Eingang eines Invertierers dieser Logikfamilie korrekt ansteuern?

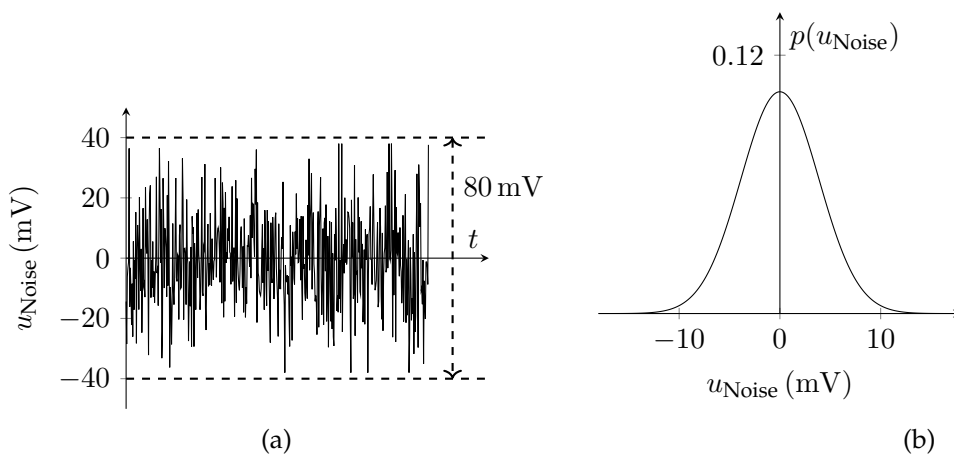


Abbildung 3: (a) Beispiel für ein mittelwertfreies Rauschsignal mit einer Peak-to-Peak-Amplitude von 80 mV. Das dargestellte Rauschsignal folgt der in Abbildung (b) dargestellten, gaußförmigen Amplitudenverteilung, was auf viele in echten Anwendungen beobachtete Rauschsignale ebenfalls zutrifft.

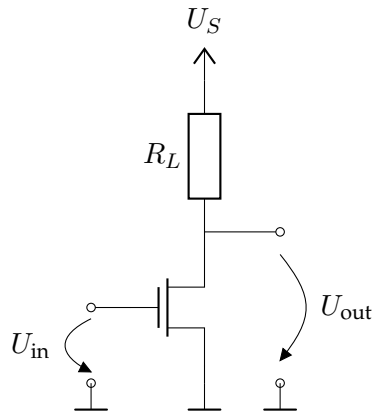


Abbildung 4

Aufgabe 3

Betrachten Sie die in Abbildung 4 dargestellte Invertierer-Schaltung mit einem MOSFET und einem Widerstand. Der MOSFET habe die Schwellenspannung $U_T = 2\text{ V}$. Gehen Sie von einer Versorgungsspannung von $U_S = 5\text{ V}$ sowie einem Widerstand $R_L = 10\text{ k}\Omega$ aus, und verwenden Sie das Schalter-Modell des MOSFETs.

- Skizzieren Sie die Ein-/Ausgangsspannungs-Charakteristik des Invertierers.
- Erfüllt der Invertierer die Spezifikationen $U_{OL} = 1\text{ V}$, $U_{IL} = 1.5\text{ V}$, $U_{OH} = 4\text{ V}$, und $U_{IH} = 3\text{ V}$? Erläutern Sie Ihre Antwort.
- Erfüllt der Invertierer die Spezifikationen, wenn stattdessen $U_{IL} = 2.5\text{ V}$ verlangt wird?
- Welches ist der maximale Wert für U_{IL} , für den der Invertierer die Spezifikationen erfüllt?
- Welches ist der minimale Wert für U_{IH} , für den der Invertierer die Spezifikationen erfüllt?

Aufgabe 4

Betrachten Sie erneut Aufgabe 3 von Aufgabenblatt 5, in der es darum ging, eine LED so an einen chemischen Gassensor anzuschließen, dass die LED ab einer Sensor-Ausgangsspannung von $U_{\text{Sensor}} = 3\text{ V}$ leuchtet. Versuchen Sie, das gegebene Problem unter Verwendung eines MOSFETs als Schalter für die LED zu lösen. Nehmen Sie hierfür an, der Sensor habe einen sehr großen Ausgangswiderstand, der aus dem Ausgang fließende Strom sei also sehr klein und im Allgemeinen vernachlässigbar. Die gesamte Schaltung soll mittels einer 5 V -Spannungsquelle betrieben werden.

- In einem ersten Schritt dürfen Sie dafür die Threshold-Spannung U_T des MOSFETs selbst festlegen und von einem ON-Widerstand des MOSFETs von $R_{ON} = 0\text{ }\Omega$ ausgehen.
- Im nächsten Schritt nehmen Sie an, sie hätten zur Lösung des Problems lediglich einen MOSFET mit $U_T = 0.7\text{ V}$ und $R_{ON} = 0.03\text{ }\Omega$ zur Verfügung.