

Versuch 1

Passive Schaltungen

1. Filter und Bode-Diagramme

Unter Anwendung von Electronics Workbench (EWB) soll ein einfacher RC-Tiefpass konstruiert werden. Der Schaltungsaufbau erfolgt gemäß der Abb.1:

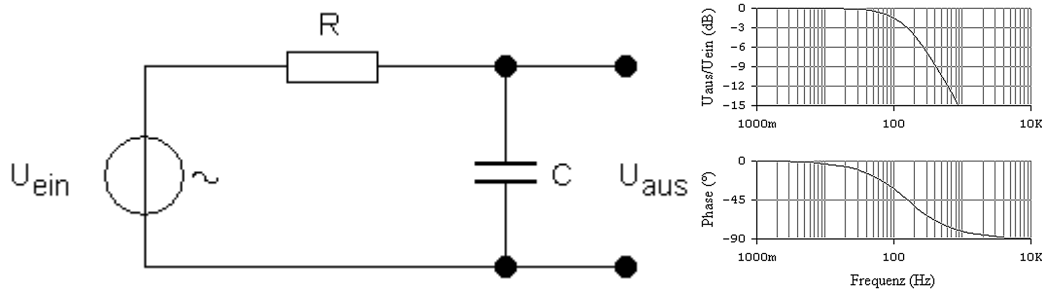


Abb.1 Einfache Schaltung für die Untersuchung einer Übertragungsfunktion

Bestimmen Sie zunächst die Übertragungsfunktion  $U_{aus}(\omega)/U_{ein}(\omega)$  in einem Intervall von je einer Dekade oberhalb und unterhalb des 3 dB Punktes! Sie können dazu den Bode-Plotter aus der Instrument-Toolbar benutzen. Abb.1 zeigt auch das Ergebnis einer Simulation.

Untersuchen Sie Ihr simuliertes Bode-Diagramm und veranschaulichen Sie die "6dB/Oktave - Roll off" Eigenschaft! Überprüfen Sie, ob die Phasenverschiebung bei der Grenzfrequenz (3dB-Punkt)  $\omega_{3dB}$  genau  $-45^\circ$  und für Frequenzen  $\omega \gg \omega_{3dB}$  dann  $-90^\circ$  beträgt!

Wenn Sie die Simulation verstanden haben, bauen Sie die Schaltung praktisch auf: Verwenden Sie die vorhandene Ausstattung an Ihrem Versuchsplatz, um die obengenannten Eigenschaften des Schaltkreises zu messen! Stellen Sie dabei sicher, daß Sie sowohl Ausgangs- als auch Eingangsspannung am Tiefpaß für jeden Meßpunkt jeweils mit derselben Frequenz messen!

Sie können alle diese Messungen mit dem Zweikanal-Oszillographen durchführen. Überlegen Sie sich, wie Sie damit die Phasenverschiebung zwischen Eingangs- und Ausgangssignal messen können! Wenn Sie ein Digital-Multimeter (DMM) benutzen, stellen Sie sicher, daß Sie innerhalb des Frequenzbereichs des Multimeters arbeiten.

Stellen Sie Ihre Meßergebnisse grafisch dar: Wie gut stimmen die Meßergebnisse mit der Simulation überein? Welche möglichen Gründe für Abweichungen zwischen der Simulation und der Messung existieren?

2. Eigenschaften von Dioden

Dioden sind Bauelemente mit zwei Anschlüssen und stromrichtungsabhängigem Widerstand. In Abb.2 sind die Schaltzeichen für eine Diode schematisch dargestellt:

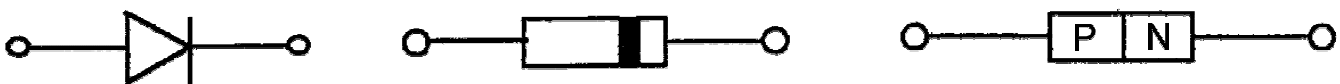


Abb.2 Schaltzeichen für eine Diode

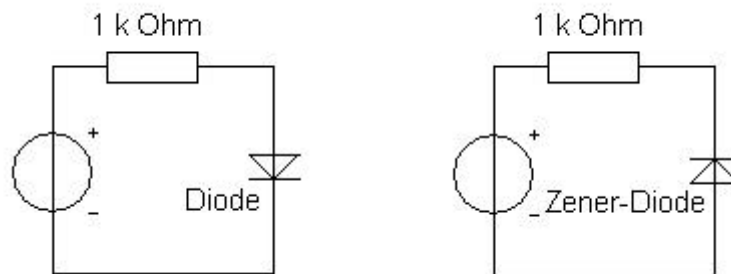
Der Pfeil zeigt die Stromrichtung (2a). Der schwarze Ring auf der Diode in (2b) repräsentiert die "Kathode". Diese Bezeichnungsweise stammt aus der Zeit der Vakuumröhren. Das Zeichen in (2c) stellt die Diode als einen pn-Übergang mit Stromrichtung vom p- zum n- Gebiet dar (technische Stromrichtung).

Suchen Sie sich in EWB die Eigenschaften einer (realen) Siliziumdiode heraus! Ziehen Sie das Symbol *Diode* in das *Circuit Window*. Durch "Doppelklicken" auf dem Symbol können Sie die Eigenschaften der Diode feststellen. Wählen Sie "Edit" und notieren Sie sich die Eigenschaften der Diode für das Protokoll. (Es ist nicht notwendig und zweckmäßig, diese (vorgegebenen) Eigenschaften zu verändern bzw. zu editieren!)

Führen Sie zunächst die folgende Aufgabe unter Anwendung von EWB aus; danach konstruieren Sie mit den aktuellen Komponenten eine funktionsfähige Schaltung. Beachten Sie dabei die Beschränkungen und die Vorteile von EWB.

Suchen Sie sich aus der Bauelementekiste eine Si-Diode heraus und messen Sie mit einem DMM ihren Widerstand in Sperr- und Durchlaßrichtung! Der Widerstand in Durchlaßrichtung ist abhängig von der DMM-Einstellung - warum?

Dioden sind nichtlineare Bauelemente, ein solches Verhalten erscheint (zunächst) etwas verwirrend. Im DC-Betrieb leitet die Diode dann einen Strom, wenn die angelegte Spannung größer als 0.65 V ist. In Durchlaßrichtung der Diode bleibt die Spannung bei ungefähr 0.65-0.7 V. Durch Variation der Spannung in der in Abb.3 dargestellten Schaltung ist dieses Phänomen genauer zu untersuchen. Achten Sie bitte dabei darauf, daß die Stromgrenze für die Diode nicht überschritten wird (etwa 200 mA). Stellen Sie die Meßergebnisse grafisch dar!



**Abb.3 Elementare Beschaltung einer (a) Diode bzw. (b) Zener-Diode**

Versuchen Sie das Gleiche jetzt mit einer Zener-Diode: Achten Sie auf die stabilisierende Wirkung dieser Schaltung. Diese Eigenschaft von Zener-Dioden wird technisch für den Aufbau kalibrierter bzw. stabilisierter Spannungsquellen genutzt.

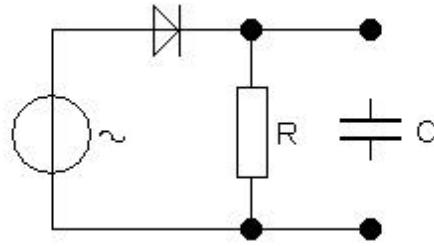
Machen Sie sich mit dem Transistor-Tester vertraut: Nehmen Sie die I-U-Kennlinien von vier Diodentypen (Ge, Si, Zener und LED) auf. Der Unterschied zwischen den Schleusenspannungen von Si- und Ge-Diode und der Durchbruchspannung der Zener-Diode ist zu beachten!

### 3. Gleichrichter

Ein wichtiges Anwendungsgebiet für Dioden ist die Gleichrichtung von Wechselspannungen. Bei Anlegen einer Wechselspannung an einer Diode liegt abwechselnd Polung in Durchlaß- und in Sperrichtung vor. Sie ist für Wechselstrom nur in einer Richtung durchlässig. Wechselstrom kann in Gleichstrom umgewandelt werden. Diese Gleichrichtereigenschaft findet technisch für die Herstellung von Stromversorgungsgeräten, Spitzengleichrichtern und Amplitudenmodulatoren Verwendung.

#### a) Einweg-Gleichrichter:

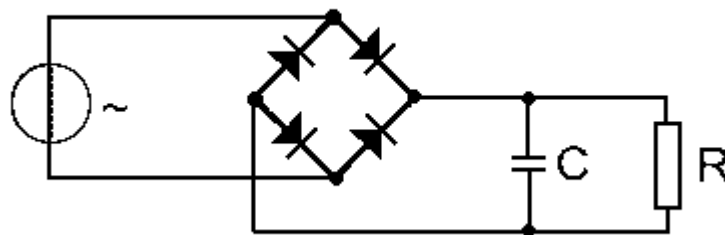
Zunächst soll eine Einweg-Gleichrichterschaltung, wie in Abb. 4 dargestellt, aufgebaut werden. Modifizieren Sie die Schaltung durch die Parallelschaltung eines Kondensators am Ausgang! Untersuchen Sie die Form des Ausgangssignals, z.B. mit dem Oszilloskop! Wie wird sie vom Parameter  $\omega RC$  beeinflusst?



**Abb.4 Einweg-Gleichrichterschaltung**

b) *Doppelweg-Gleichrichter:*

Durch Anwendung von vier Dioden in einer Brückenschaltung bauen Sie die Schaltung in Abb.5 auf:



**Abb.5 Doppelweg- oder Graetz-Gleichrichterschaltung**

Zeichnen Sie die Ausgangsspannung einmal ohne Kondensator und einmal mit einem Kondensator am Ausgang auf, skizzieren Sie die Signalformen im Protokoll! Welche Funktion erfüllt der Kondensator? Solche Schaltungen wie in Abb.5 werden in Gleichspannungsnetzteilen standardmäßig verwendet. Ein zusätzlicher (elektronischer) Regler übernimmt dann zwei weitere Aufgaben: Glättung bzw. Siebung der Ausgangsgleichspannung und deren Stabilisierung gegenüber dem i.a. veränderlichen Lastwiderstand des Verbrauchers. (Das wird später noch detailliert diskutiert.)

**4. Differentieller Widerstand einer Diode**

Es gibt etliche physikalische Experimente, bei denen die Reaktion auf eine (vergleichsweise) kleine elektrische Anregung in Gegenwart einer großen Gleichspannung gemessen werden muß, z.B. *Scanning Tunneling Microscopy* und *Superconductive Tunneling*. Wir werden mit einer Diode einige wichtige Ideen dafür veranschaulichen. Abb.6 zeigt die I-U-Kennlinie einer Diode (im Durchlaßbereich).

Die Größe

$$r_D = \frac{du_D}{di_D} \approx n \frac{25\Omega}{I_{DC}(mA)}$$

heißt "differentieller Widerstand" der Diode;  $r_D$  ist gleich dem Kehrwert des Anstieges der I-U-Kennlinie bei einem fixierten Strom. Für Si-Dioden findet man typischerweise ein Wert von etwa 2 für n, während für einen Transistor der typische n-Wert näherungsweise bei 1 ist.

Benutzen Sie den Versuchsaufbau in Abb.7 und messen Sie  $r_D$  für eine Diode bei  $I_{DC} = 5, 10, 15, 20$  mA! Versuchen Sie es unter Verwendung einer IN4004 oder mit einer IN914.

Die Gleichspannungsquelle bestimmt den Arbeitspunkt in der I-U-Kennlinie; der Generator liefert eine kleine Wechselstromkomponente (Modulation am Arbeitspunkt). Der Kondensator blockiert den Gleichstrom.

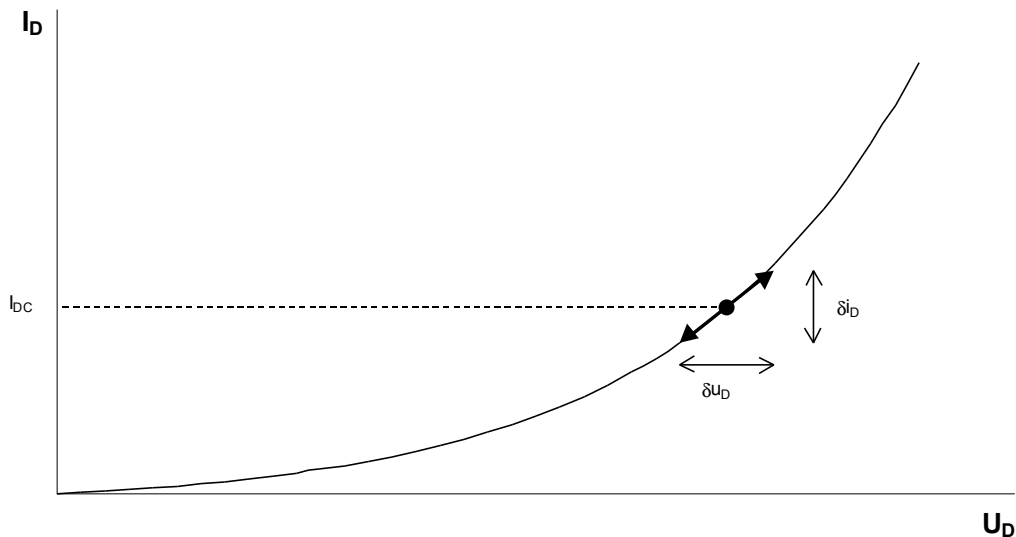


Abb.6 Typische I-U-Kennlinie einer Diode (schematisch)

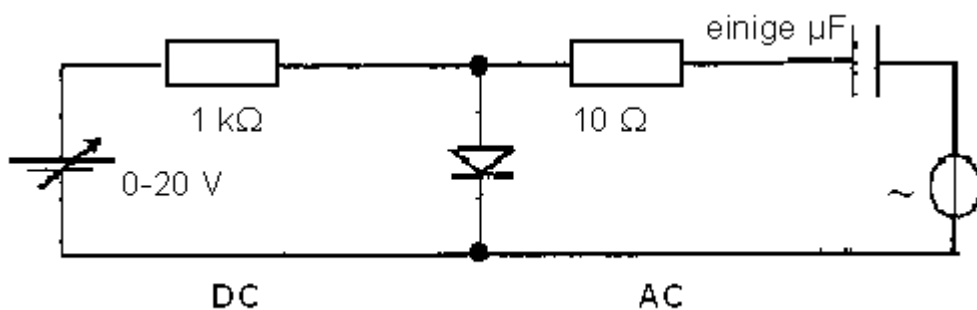


Abb.7 Versuchsaufbau für die Messung des differentiellen Widerstandes einer Diode

Im Versuchsaufbau gibt es offenbar zwei Teilschaltungen: "links" die DC-Schaltung und "rechts" die AC-Schaltung. Wenn der  $1\text{ k}\Omega$ -Widerstand sehr viel größer als  $r_D$  ist, wird die AC-Schaltung nicht beeinflusst. Warum?

Die Ströme kann man indirekt über den Spannungsabfall an den jeweiligen Widerständen bequem messen. Die AC-Spannung wird direkt über der Diode gemessen. Warum wird z.B. ein  $10\ \Omega$ - und nicht ein  $10\ \text{k}\Omega$ -Widerstand verwendet? Falls die Signale ziemlich klein sind, können Sie ein DMM benutzen. Um einen sinnvollen Frequenzbereich für diese Messungen einzusetzen, überprüfen Sie bitte unbedingt die Eigenschaften des DMM! (Es ist eine Frequenz von ca. 200 Hz zu empfehlen.) Wenn Sie die 1. Ableitung an der I-U-Kennlinie messen, muß die Anregungswchenspannung an der Diode klein genug bleiben (in der Größenordnung von 10 mV oder besser noch kleiner). Vergleichen Sie Ihre Meßergebnisse mit der obengenannten Formel!