

Fragen und Antworten zum ETGP-Kolloquium

Stand: Januar 2010

v. 1.05

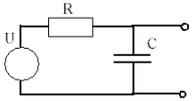
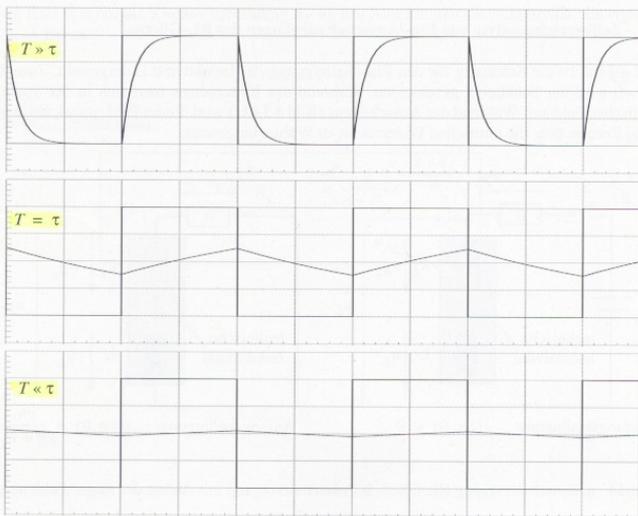
bearbeitet, erstellt und zusammengestellt von Alexander von Lühmann

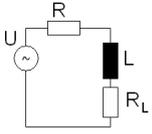
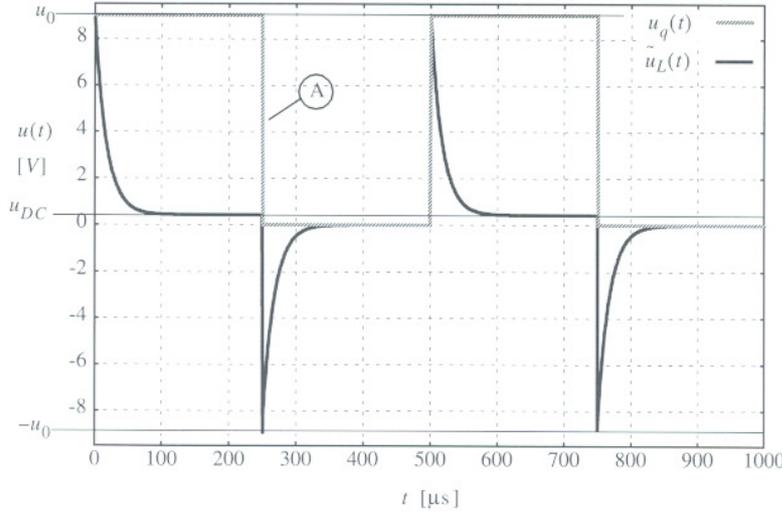
Kontakt und Verbesserungen an: alexander.von.luehmann@web.de

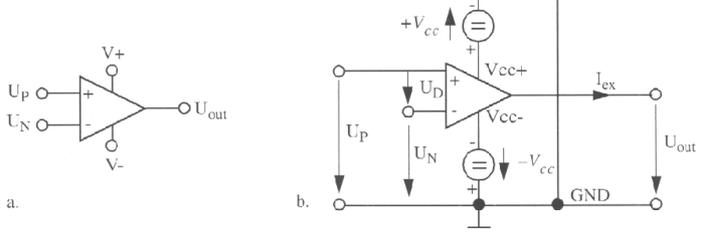
**Ich übernehme keine Gewähr für Richtigkeit und/oder Vollständigkeit der
Fragen / Antworten**

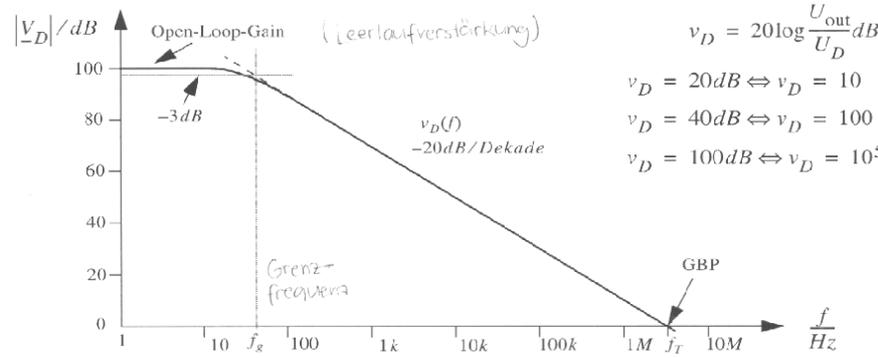
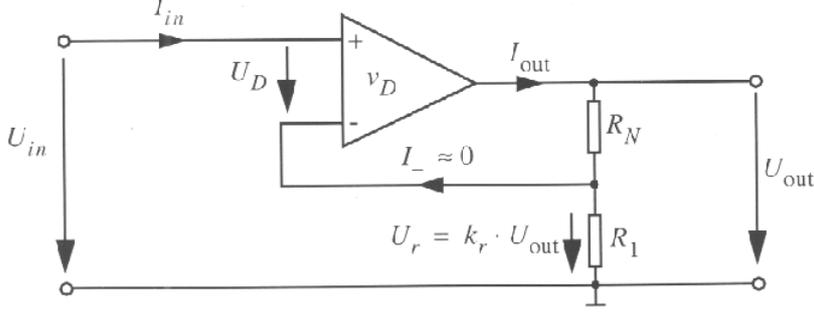
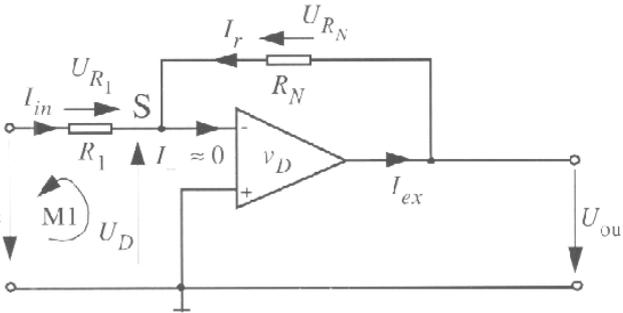
Quellen:

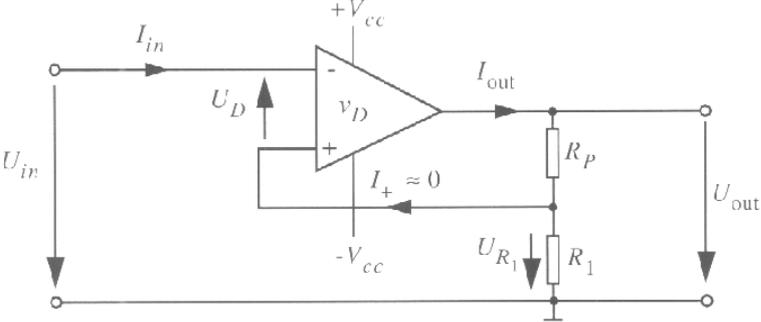
- Skript des Elektrotechnischen Grundlagenpraktikums WS2009/10
- "Vorbereitungshilfe zum elektrotechnischen Grundpraktikum stand 2006", Jürgen Scholz
- "ETGP-Fragen zum Versuch"; "Etgp-Fragen.pdf", Rüdiger Weis

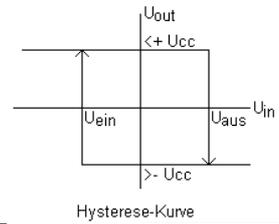
| Versuch 1 - Oszilloskopmesstechnik | |
|--|---|
| Was ist ein Oszilloskop? | Ein Gerät zum Darstellen von Spannungsverläufen und allen Größen, die sich als Spannungsverlauf darstellen lassen. |
| Was lässt sich mit einem Oszilloskop (direkt ohne Umrechnung) alles messen? | Spannungen und alle Größen, die sich als Spannungsverlauf darstellen lassen. |
| Weshalb benötigt das Oszilloskop die Triggereinrichtung? | Um aus einem (quasi)periodischen Signal ein "stehendes" Bild zu erzeugen. |
| Was ist Zweikanalbetrieb? | Es werden auf einem Oszilloskopschirm zwei Signale gleichzeitig dargestellt. Bei der Triggerung legt man sich auf einen Kanal fest. |
| Was ist alternierender / chopper Betrieb? | <u>Alternierend</u> : Die anzuzeigenden Signale werden abwechselnd (jeweils eine Periode lang) dargestellt. <u>Chopper</u> : Dabei werden die Signale jeweils im Abstand Δt abwechselnd dargestellt. |
| Was ist der Unterschied zwischen AC-/DC-Messung? | Versucht man eine sehr kleine Wechselfspannung, die von einem Gleichspannungsteil überlagert wird, zu oszillographieren, werden die Eingangsverstärker durch das Gleichsignal übersteuert. Im Betriebsmodus "AC" wird eine Koppelkapazität zwischen Eingang und Verstärker geschaltet. Dadurch wird der Gleichspannungsanteil herausgefiltert. |
| Was versteht man unter Spitzenwert und Effektivwert? | <u>Spitzenwert</u> : Spannungsdifferenz vom der "Masse" zum Maximum oder Minimum. <u>Effektivwert</u> : $U_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt}$; für sinusförmige Wechselgrößen gilt: $U_{eff} = \frac{\hat{u}}{\sqrt{2}}$; $\sqrt{2}$ ist dabei der Scheitelfaktor s. <u>Spitzen-Spitzenwert</u> : Spannungsdifferenz vom Minimum bis zum Maximum des Signals. (Unter dem Scheitelwert einer periodisch veränderlichen Größe versteht man den im Verlaufe einer Periode auftretenden maximalen Wert, z.B. Scheitelstrom I_s , Scheitelspannung U_s . Bei einer nicht periodischen Größe nennt man diesen Maximalwert den Spitzenwert, z.B. die Spitzenspannung.) |
| Wie lässt sich die Frequenz eines Signales messen? | Über die Zeitskalierung und das Gitternetz auf dem Schirm lässt sich die Periodendauer bestimme. Frequenz: $f=1/T$ |
| Wie lässt sich die Anstiegszeit eines Signalsprunges messen? | Anstiegszeit= Zeit die ein Signal benötigt, um von 10% auf 90% der Signalamplitude zu gelangen. Mit CAL-Regler die Signallinie so skalieren, dass sie den Raum zwischen 0-100% einnimmt. Anstiegszeit an 10% bis 90%- Linie ablesen (Kästchen zählen). |
| Wie verhält sich ein RC-Glied an einer Rechteckspannung? | <div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="margin-right: 20px;">  </div> <div> <p>Spannung wird über dem Kondensator abgegriffen; Zeitkonstante $\tau = R \cdot C$</p> </div> </div> <p>Verhalten des RC-Gliedes an einer symmetrischen Rechteckspannungsquelle für verschiedene Frequenzen ist in Bild 4.13 dargestellt. Es lassen sich in Abhängigkeit von τ drei Frequenzbereiche unterscheiden. T ist hierbei die Periodendauer des Rechtecksignals:</p> <ol style="list-style-type: none"> Für $T \gg \tau$ folgt die Kondensatorspannung nahezu der Rechteckspannung der Quelle. Für $T = \tau$ ist die Kondensatorspannung eine Linearkombination von linear übertragenen und integrierten (gemittelten) Anteilen der Quellenspannung. Für $T \ll \tau$ wirkt die Schaltung für symmetrische Eingangsspannungen $u_0(t)$ als Integrierglied bzw. Mittelwertbildner: $u_C(t) = \frac{1}{RC} \int u_0(t) dt. \quad \text{Gl. (4.16)}$ <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">Bild 4.13 Rechteckverhalten des RC-Tiefpasses für verschiedene Frequenzen.</p> |
| Wie lässt sich mit dem Oszilloskop die Kapazität eines Kondensators bestimmen? | Aus $U_C(t) = U_0 \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$ und $t_{rise} = t_{90\%} - t_{10\%}$ ergibt sich: $C = \frac{t_{rise}}{R \cdot \ln 9}$ |

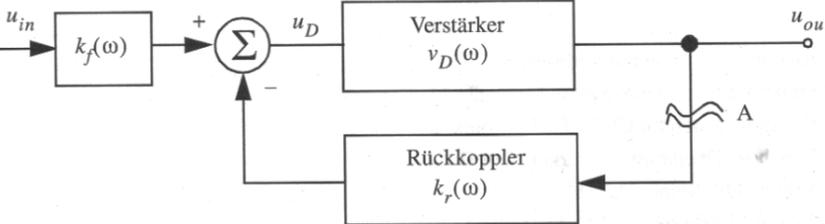
| | |
|---|---|
| <p>Wie verhält sich ein RL-Glied an einer Rechteckspannung?</p> |  <p>Die Spule besteht aus der Induktivität L (ideale Spule) und aus dem ohmschen Widerstand R_L. Die Spannung, die im untenstehenden Diagramm gezeigt ist, wurde über der Spule (L, R_L) gemessen.</p>  <p style="text-align: center;">Bild 4.16 RL-Glied an einer Rechteckspannungsquelle</p> |
| <p>Wie lässt sich mit dem Oszilloskop die Induktivität einer Spule bestimmen?</p> | <p>Mit $t_{fall} = t_{10\%} - t_{90\%}$ ergibt sich: $L = \frac{R+R_L}{\ln 9} * t_{fall}$</p> |
| <p>Wie ist die Zeitkonstante τ beim RC-/RL-Glied definiert?</p> | <p><u>RC-Glied:</u> Zeitkonstante $\tau = R * C$ <u>RL-Glied:</u> Zeitkonstante $\tau = L / R$</p> |

| Versuch 2 - Operationsverstärker I | |
|---|--|
| <p>Was ist ein Operationsverstärker und wo setzt man ihn ein?</p> | <p>Ein Operationsverstärker ist eine komplizierte, monolithisch aufgebaute, Schaltung, welche die Funktion hat, die Differenz von zwei Spannungen zu verstärken. Früher: Vor allem als teurer Verstärker in Analogrechnern Heute: Vor allem zum Aufbereiten von Messsignalen vor der digitalen Weiterverarbeitung.</p> |
| <p>Welche Eigenschaften besitzen Operationsverstärker?</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Hohe Spannungsverstärkung bei niederfrequenten Signalen - Hoher Eingangswiderstand - Niedriger Ausgangswiderstand |
| <p>Worin unterscheidet sich ein idealer und ein realer Operationsverstärker?</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Offsetspannung - Eingangswiderstand $< \infty$ - Ausgangswiderstand > 0 - Verstärkung nicht unendlich - Differenzverstärkung frequenzabhängig |
| <p>Wie ist die Differenzspannung U_D definiert?</p> | <p>$U_D = U_P - U_N$</p> |
| <p>Wie sieht die einfachste denkbare Beschaltung eines OP aus?</p> |  <p style="text-align: center;">Bild 4.2 Schaltsymbol a. und Beschaltung b. des Operationsverstärkers</p> |
| <p>Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Ausgangsspannung U_{out} und den Eingangsspannungen U_P und U_N eines OP?</p> | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> $U_{out} = v_D \cdot U_D = v_D (U_P - U_N)$ </div> |
| <p>Was bezeichnet man als Open-Loop-Gain?</p> | <p>Die Leerlauf-Differenzverstärkung v_D, auch Large-Signal-Voltage-Amplification genannt.</p> |

| | |
|--|---|
| <p>Wie sieht der Frequenzgang der Leerlauf-Differenzverstärkung $v_D(f)$ qualitativ aus?</p> |  <p style="text-align: right;"> $v_D = 20 \log \frac{U_{out}}{U_D} \text{ dB}$ $v_D = 20 \text{ dB} \Leftrightarrow v_D = 10$ $v_D = 40 \text{ dB} \Leftrightarrow v_D = 100$ $v_D = 100 \text{ dB} \Leftrightarrow v_D = 10^5$ </p> <p style="text-align: center;">Bild 4.4 Typischer Frequenzgang eines OP</p> |
| <p>Wie lässt sich der Frequenzgang der Leerlauf-Differenzverstärkung $v_D(f)$ eines OP messtechnisch bestimmen?</p> | <p>über die Beziehung $v_D(f) = \frac{\hat{u}_{out}}{\hat{u}_D}$ durch messen der Spannungsamplituden \hat{u}_{out} und \hat{u}_D bei verschiedenen Frequenzen.</p> |
| <p>Wie ist die Bandbreite definiert?</p> | <p>Der Bereich der konstanten Verstärkung [0 Hz ... f_g] kennzeichnet die Bandbreite des OP</p> |
| <p>Was versteht man unter dem Gain-Bandwidth-Product?</p> | <p>Das Produkt aus Verstärkung und zugehöriger Bandbreite. $v_D(f) * f = f_T = \text{GBP}$ ist konstant für $f_g \leq f \leq f_T$ mit $f_T = \text{Transitfrequenz}$</p> |
| <p>Was ist die Eingangsoffsetspannung, und was ist die Gleichtaktunterdrückung?</p> | <p>Gleichtaktunterdrückung: Wird an beiden Eingängen des OPs die gleiche Spannung angelegt, dann sollte $U_{out}=0$ sein. Bei realen OPs ist das aber nur der Fall, solange die Eingangsspannungen ca. 2Volt unter der positiven und negativen Betriebsspannung liegen.</p> <p>Eingangsoffsetspannung: Bezeichnet die Spannung, die man am Eingang des OPs anlegen muss, damit der Ausgang 0 Volt wird.</p> |
| <p>Was versteht man unter Mit- bzw. Gegenkopplung?</p> | <p>Mitkopplung: Eine vom Ausgang zurückgeführte Spannung addiert sich zur Eingangsgröße.</p> <p>Gegenkopplung: Eine vom Ausgang zurückgeführte Größe subtrahiert sich von der Eingangsgröße (wird verwendet um einen Verstärker vor inneren und äußeren Bauteileinflüssen zu stabilisieren).</p> |
| <p>Wie sieht die Grundsaltung des nicht-invertierenden Verstärkers aus? Welche Eigenschaften (Verstärkung / Eingangs- / Ausgangswiderstand) hat sie?</p> |  <p style="text-align: center;">Bild 5.1 OP mit Gegenkopplung als nicht-invertierender Spannungsverstärker</p> <p>Verstärkung: $v_r = 1 + R_N / R_1$</p> <p>Eingangswiderstand: Ist gleich dem internen Eingangswiderstand des OP (Datenblatt!)</p> <p>Ausgangswiderstand: $R'_A = \Delta U_{out} / \Delta I_{out} \cong R_A / (k_r * v_D) = R_A * v_r / v_D$</p> |
| <p>Wie lautet die Übertragungsfunktion des nicht-invertierenden Verstärkers?</p> | $U_{out} / U_{in} = \frac{1}{\frac{1}{v_D} + \frac{R_1}{R_1 + R_N}} \cong 1 + R_N / R_1 \quad (\text{für große } v_D)$ |
| <p>Wie sieht die Grundsaltung des invertierenden Verstärkers aus? Welche Eigenschaften (Verstärkung / Eingangs- / Ausgangswiderstand) hat sie?</p> |  <p style="text-align: center;">Bild 5.3 Invertierender OP</p> <p>Verstärkung: $v_r = -R_N / R_1$</p> <p>Eingangswiderstand: $R_i = \Delta U_{in} / \Delta I_{in} \cong R_1$</p> <p>Ausgangswiderstand: $R'_A = R_A * -v_r / v_D$ (R_A: Ausgangswiderstand des OP aus Datenblatt)</p> |

| | |
|--|---|
| Wie lautet die Übertragungsfunktion des invertierenden Verstärkers? | $\frac{U_{out}}{U_{in}} = -\frac{R_N}{R_1}$ |
| Worauf müssen Sie bei der Verstärkung von schwachen Signalen aus hochohmigen Signalquellen achten? | Die Eingangsbeschaltung des OPs muss hochohmig sein. Spannungsteiler: Die bei der Messung entstehende Parallelschaltung von Messwiderstand und Eingangswiderstand verfälscht bei zu kleinem Eingangswiderstand den eigentlichen Messwert. Ein hochohmiger Eingangswiderstand erhält die zu messende Spannung. |
| Was ist ein Schmitt-Trigger? Was versteht man unter Hysterese? | Ein Schmitt-Trigger ist ein Schwellwertschalter. Beim Unterschreiten der Schwelle U_{ein} wird der Ausgang auf $+V_{cc}$ geschaltet. Erst wenn die Schwelle U_{aus} überschritten wird, wird der Ausgang auf $-V_{cc}$ geschaltet (Gilt für den invertierenden Schmitt-Trigger). Die Hysterese ist definiert als $\Delta U_{in} = U_{aus} - U_{ein}$ |
| Wie sieht die invertierende Schmitt-Trigger Schaltung aus? |  <p style="text-align: center;">Bild 5.5 Invertierender Schmitt-Trigger</p> |



| Versuch 3 - Operationsverstärker II | |
|--|---|
| Was bedeutet Gegenkopplung? | Wirkt die rückgekoppelte Größe entgegen der Eingangsgröße, spricht man von Gegenkopplung. |
| Wie sieht das Strukturbild des gegengekoppelten Verstärkers aus? |  <p style="text-align: center;">Bild 4.1 Strukturbild: Gegengekoppelter Verstärker</p> <p>k_f : Einkoppelfaktor; k_r : Rückführung</p> |
| Wie lautet die allgemeine Übertragungsfunktion des gegengekoppelten Verstärkers? | $v_r(\omega) = \frac{u_{out}}{u_{in}} = \frac{k_f(\omega) * v_D(\omega)}{1 + k_r(\omega) * v_D(\omega)} \cong \frac{k_f(\omega)}{k_r(\omega)}$ |
| Was ist die Schleifenverstärkung? | Schleifenverstärkung $g(\omega)$: Die Größe, die auf die Summationsstelle geht: $g(\omega) = k_r(\omega) * v_D(\omega)$ |
| Wie lautet das Stabilitätskriterium für den rückgekoppelten Operationsverstärker? | Der Operationsverstärker ist stabil, wenn bei einer Phasendrehung von $\varphi = -180^\circ$ der Betrag der Schleifenverstärkung ($ g = k_r * v_D(\omega) $) kleiner als 1 ist. |
| Welchen Einfluss haben Schwankungen der Differenzverstärkung $v_D(\omega)$ auf die Verstärkung $v_r(\omega)$ des gegengekoppelten Verstärkers? | Differenzverstärkung: $v_D(\omega) = \frac{U_{out}}{U_D}$ Verstärkung: $v_r(\omega) = \frac{U_{out}}{U_{in}}$ Der gegengekoppelte Verstärker ist deutlich unempfindlicher gegenüber Schwankungen der Differenzverstärkung. Der Einfluss ist also gering. |
| Was versteht man unter Fouriersynthese bzw. Fourieranalyse? | Jedes periodische Signal lässt sich durch eine Summe unterschiedlich gewichteter Sinussignale darstellen. Man kann also durch die Addition von verschiedenen Sinussignalen komplexere Signale synthetisieren - oder aber ein vorliegendes Signal zum Zweck der Analyse in seine Sinusanteile aufteilen. |

Was wird mit einem Frequenzspektrum dargestellt?

Die Amplituden der einzelnen Sinusfunktionen werden darin eingetragen.

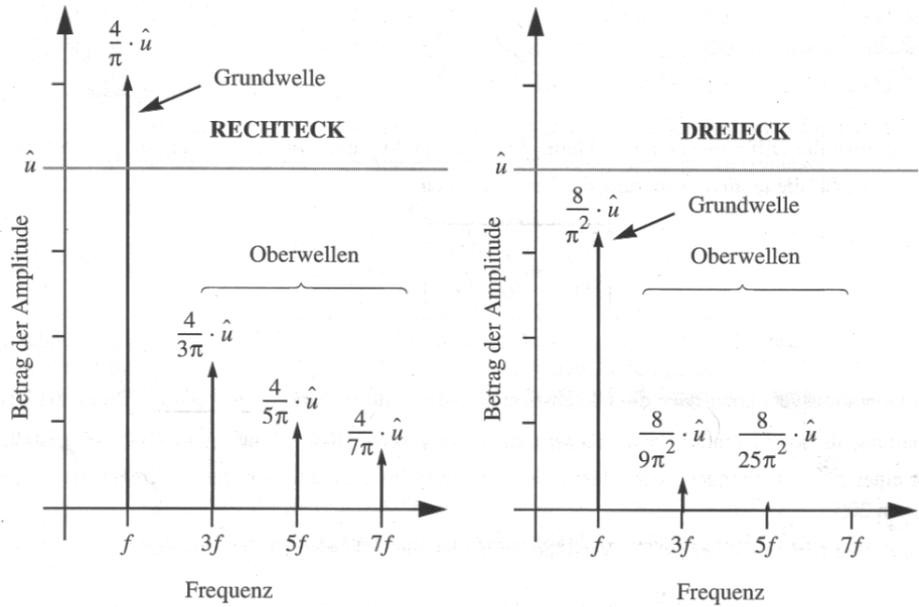
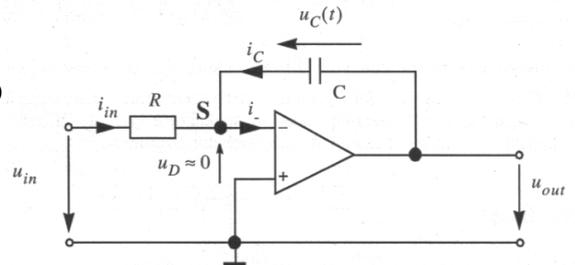


Bild 4.4 Frequenzspektrum von Rechtecksignal (links) und Dreiecksignal (rechts)

Wie sieht die Schaltung des invertierenden Integrierers / Differenzierers aus und wie lautet die jeweilige Übertragungsfunktion?

Integrator:

$$u_{out}(t) = -1/(RC) * \int_{t_0}^t u_{in}(t) dt + u_{out}(t_0)$$



Differenzierer:

$$u_{out}(t) = -RC \frac{du_{in}(t)}{dt}$$

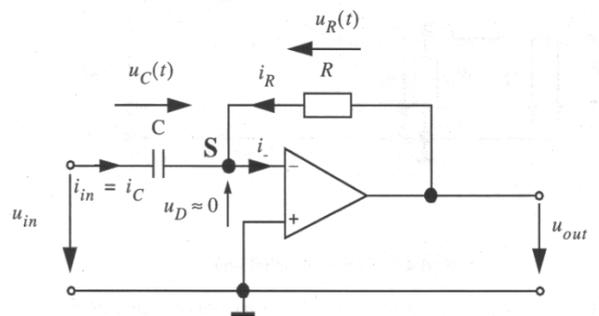
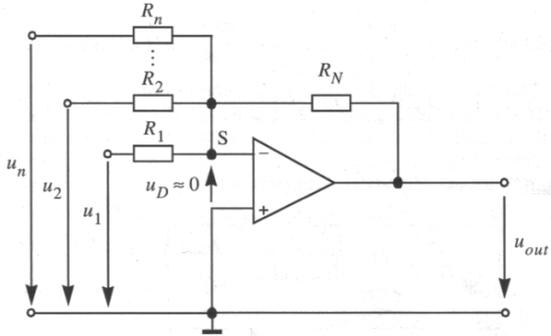
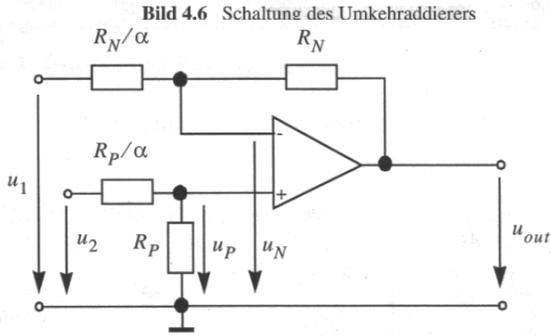


Bild 4.8 Differenzierschaltung

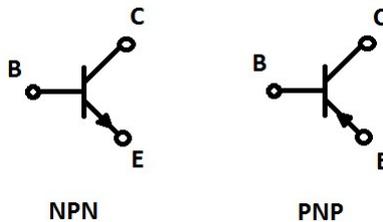
| | |
|---|--|
| <p>Wie sieht die Schaltung des invertierenden Addierers / Subtrahierers aus und wie lautet die jeweilige Verknüpfung der Ausgangsspannung mit den Eingangsspannungen?</p> | <p>Addierer:</p> $u_{out} = -\left(\frac{R_N}{R_1}u_1 + \frac{R_N}{R_2}u_2 + \frac{R_N}{R_3}u_3 + \dots\right)$  <p>Subtrahierer:</p> $u_{out} = \alpha \cdot (u_2 - u_1)$  <p>Bild 4.6 Schaltung des Umkehraddierers</p> <p>Bild 4.7 Subtrahierschaltung</p> |
| <p>Mit welchen Fehlern müssen Sie bei der digitalen Erfassung analoger Signale rechnen?</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Quantisierungsfehler - Unterabtastfehler - Linearisierungsfehler |

| Versuch 4 - Messdatenerfassung mit LabVIEW (Entwurf eines Neigungsmessgerätes) | |
|---|--|
| <p>Wodurch zeichnen sich rechnergestützte Messdatenerfassungssysteme aus?</p> | <p>rechnergestützte Messdatenerfassungssysteme können:</p> <ul style="list-style-type: none"> - sehr langsame / schnelle Vorgänge exakt protokollieren - hohe Datenmengen erfassen und speichern - die Daten (mathematisch) verarbeiten und visualisieren - durch Datenanalyse entsprechende Ereignisse initiieren - sehr wirtschaftlich arbeiten |
| <p>Was ist LabVIEW, und was versteht man unter einem virtuellen Instrument (VI)?</p> | <p>LabVIEW ist eine grafische, datenflussorientierte Programmiersprache. Ein LabVIEW Programm wird Virtual Instrument (VI) genannt.</p> |
| <p>Aus welchen drei Komponenten besteht ein VI?</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Bedieneinheit (Front Panel) - Blockschaltbild (Block Diagram) - Funktionssymbol (Icon) mit seinen Anschlüssen (Terminal) |
| <p>Wie lautet die Messgleichung im linearen Fall?</p> | $\tilde{u} = SF \cdot a + u_{off}$ <p>mit SF = Skalenfaktor, a = physikalische Größe, u_{off} = Nullpunktspannung (Offsetvoltage)</p> |
| <p>Wie ist die Sensor-Empfindlichkeit definiert?</p> | <p>Als Sensorempfindlichkeit bezeichnet man die Steigung der Sensorkennlinie:</p> $S_{\tilde{u}} = \frac{d\tilde{u}}{da}$ |
| <p>Wie lautet die in der Praxis häufig verwendete Näherungsformel zur Bestimmung der Varianz des Messrauschens?</p> | $\sigma_{\tilde{u}}^2 \approx \left(\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \tilde{u}_i^2\right) - \bar{u}^2$ |
| <p>Wie viel Prozent aller Messwerte befinden sich bei gaußverteilter Messrauschen innerhalb des Bereichs der einfachen / dreifachen Standardabweichung?</p> | <p>99,7% aller Messwerte befinden sich innerhalb des $3\sigma_{\tilde{u}}$ Bereichs.</p> |
| <p>Erklären Sie die Fehlerabschätzung Δy im eindimensionalen Fall $y = f(\tilde{u})$ anhand eines Beispiels.</p> | $\Delta y = \frac{\partial f}{\partial \tilde{u}} \Big _{u_{AP}}$ <p>Ableitung der Funktion nach Messgröße im Arbeitspunkt *</p> |
| <p>Wie lautet die Taylorentwicklung für die allgemeine Abschätzung des Messfehlers Δy?</p> | $\Delta y = \frac{\partial f}{\partial \tilde{u}_1} \Big _{u_{1AP}} \cdot \Delta \tilde{u}_1 + \frac{\partial f}{\partial \tilde{u}_2} \Big _{u_{2AP}} \cdot \Delta \tilde{u}_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial \tilde{u}_i} \Big _{u_{iAP}} \cdot \Delta \tilde{u}_i$ |

| Versuch 5 - Schaltungssimulation mit SPICE | |
|--|---|
| Was ist eine Arbeitspunktanalyse? | Bei der Arbeitspunktanalyse werden die Spannungen und Ströme aller Netze im stationären Zustand berechnet. |
| Was ist eine Transientenanalyse? | Analyse im Zeitbereich. Es wird die zeitliche Änderung der Spannungen und Ströme im Netzwerk ermittelt. - x-Achse ist daher immer die Zeitachse - Vor Simulationsstart muss mindestens die Simulationsdauer spezifiziert werden |
| Was ist eine DC-Sweep Analyse? | Mehrstufige Arbeitspunktanalyse, bei der nach jeder Stufe die Nennspannung oder der Nennstrom von bis zu 3 Quellen verändert wird. |
| Was ist eine AC-Analyse? | Es werden Amplituden und Phasenwinkel aller Spannungen und Ströme einer Schaltung mit frequenzabhängigen Bauteilen berechnet. -x-Achse ist immer Frequenzachse -y-Achse ist Amplituden- /Phasenachse (in dB/°) |
| Wie werden Kondensatoren und Induktivitäten bei der Arbeitspunktanalyse behandelt? | - sämtliche Ausgleichsvorgänge an Kondensatoren und Spulen sind abgeschlossen - Kondensatoren als Leerlauf, Spulen als Kurzschluss betrachtet |
| Was versteht man unter dem stationären Zustand eines Netzwerks? | - Ableitungen von Größen sind Null (Größen ändern sich nicht) -> sämtliche Ausgleichsvorgänge an Kondensatoren und Spulen sind abgeschlossen (Spulen = Kurzschlüsse, Kondensatoren = Leerlauf) |
| Wie sieht die Kennlinie einer Zenerdiode aus? | <p style="text-align: right;"> U_Z Zenerspannung U_D Durchlassspannung </p> |
| Wie lässt sich eine Spannungsstabilisierung mit einer Zenerdiode realisieren? Worauf müssen Sie bei der Dimensionierung achten? | <p>Je größer der Innenwiderstand R2 des Modellbausteins (und damit kleiner der Strom), desto besser die Stabilisierungswirkung der Diode um 5V. Der Vorwiderstand R1 muss den Diodenstrom auf den maximal zulässigen im Datenblatt angegebenen Strom begrenzen.</p> |
| Wie lässt sich eine Spannungsstabilisierung mit einer Z-Diode und einem Bipolar-Transistor realisieren? | |
| Welchen Vorteil bietet die Stabilisierungsschaltung mit dem Transistor gegenüber der ohne Transistor? | Die Transistorschaltung stabilisiert die Spannung unabhängiger von der Größe des Innenwiderstandes des Digitalbausteins und ist damit breiter anwendbar. |
| Wie ist die Grenzfrequenz des RC-Tiefpass definiert? | $f_g = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$ |
| Welche maximale Phasendrehung kann ein RC-Tiefpass verursachen? | Maximal -90° |
| Wie rechnet man Spannungsverstärkungen in dB um? | $v_i = 20 \cdot \log \left(\frac{U_{out}}{U_{in}} \right)$ |
| Welcher Verstärkung entsprechen 0dB bzw. -3dB? | 0 dB entsprechen der Verstärkung von 1 -3dB entsprechen der Verstärkung von 0,71 (Punkt der Grenzfrequenz im Bode Diagr.) |

Versuch 6 - Kleinsignalverhalten bipolarer Transistoren

Wie sieht das Schaltsymbol eines PNP- bzw. NPN-Transistors aus?



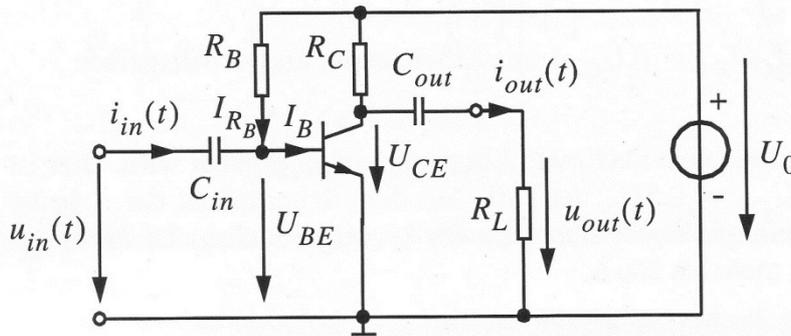
Durch welche physikalische Größe wird der Bipolartransistor angesteuert?

Durch den Steuerstrom I_B an der Base (Basisstrom)

Wie ist die Gleichstromverstärkung B definiert?

$$B = \frac{I_C}{I_B}$$

Wie sieht ein Wechselspannungsverstärker in Emitterschaltung aus?



Wie funktioniert die Stromgegenkopplung bei der Emitterschaltung?

Unterschied zur einfachen Emitterschaltung: Zusätzliche Widerstände R_B - und R_E . Bei steigender Temperatur: Kollektorstrom I_C steigt -> Da U_{R_B} - fest vorgeschrieben ist (Spannungsteiler) -> Basis-Emitterspannung U_{BE} sinkt -> sinkender Steuerstrom an der Basis I_B -> Transistor leitet weniger -> Kollektorstrom sinkt -> wirkt Temperaturerhöhung entgegen.

Weshalb verwendet man die Stromgegenkopplung?

Um die Temperaturabhängigkeit des Transistorverhaltens zu minimieren.

Was bewirkt die kapazitive Überbrückung des Emittewiderstandes bei der Stromgegenkopplung?

R_E wirkt sich negativ auf Wechselspannungsverstärkung aus (wechselndes Eingangssignal führt zu gleichem entgegenwirken wie Temperaturerhöhung). Dieses Problem wird durch kapazitive Überbrückung mit Emitterkondensator behoben -> für Wechselspannungen wird die Rückwirkung von R_E aufgehoben

Wie sind die Steilheit S und die Wechselstromverstärkung β definiert?

$$S = \left. \frac{\partial I_C}{\partial U_{BE}} \right|_{U_{CE}=konst} = \frac{\beta}{r_{BE}} \Big|_{U_{CE}=konst}$$

$$\beta = \left. \frac{\partial I_C}{\partial I_B} \right|_{U_{CE}=konst}$$

Wie sieht das Ausgangskennlinienfeld des NPN-Transistors aus?

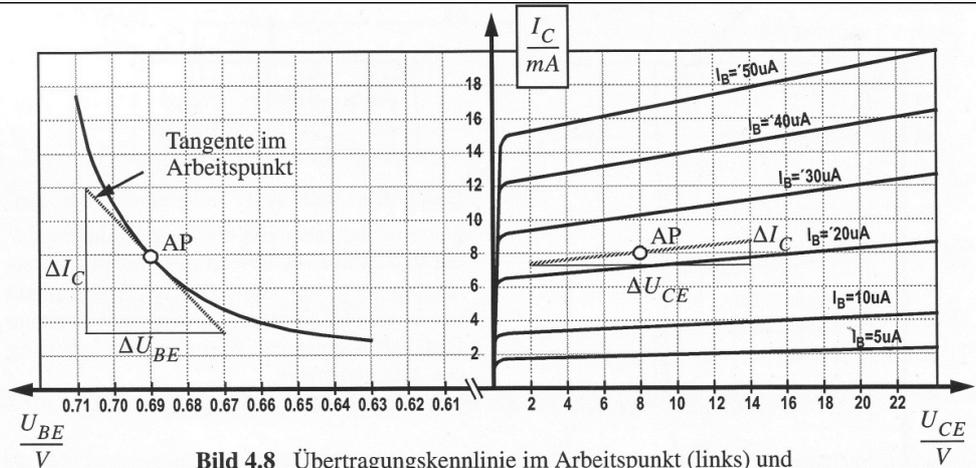
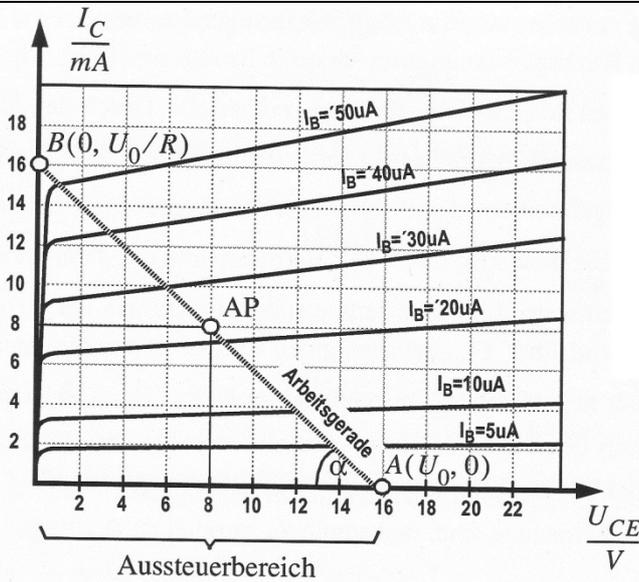
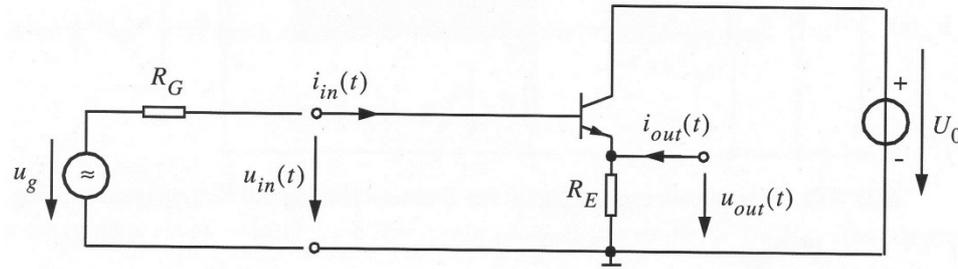
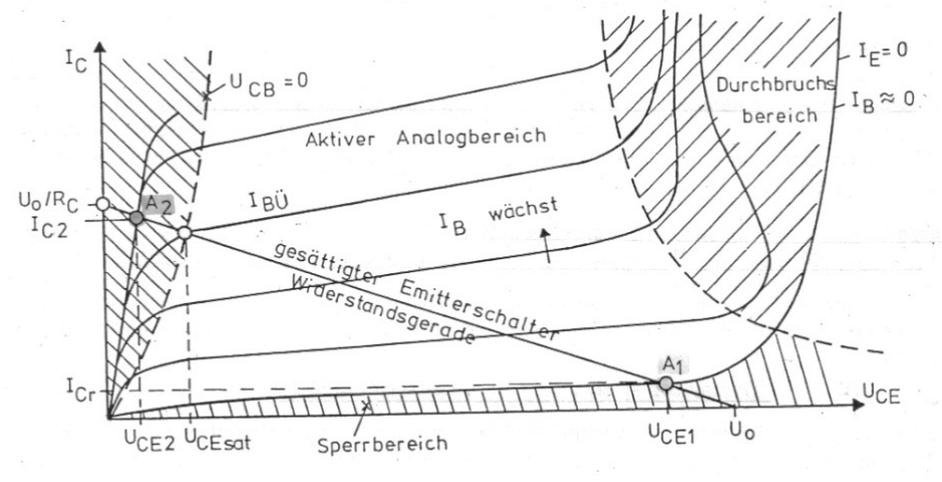


Bild 4.8 Übertragungskennlinie im Arbeitspunkt (links) und Ausgangskennlinienfeld für ausgewählte Basisströme (rechts)

Wie groß ist die Spannungsverstärkung der Emitterschaltung bei starker Gegenkopplung?

$$v_u = -\frac{R_C}{R_E}$$

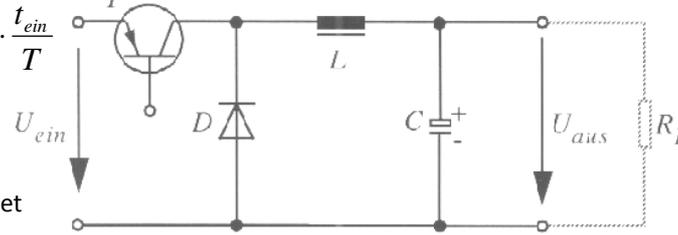
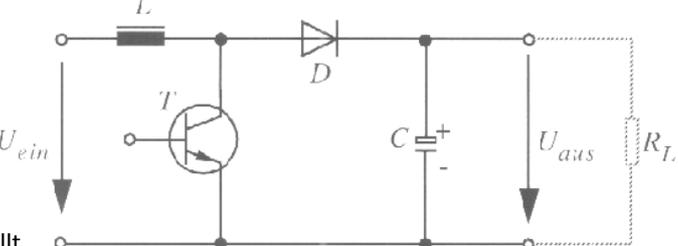
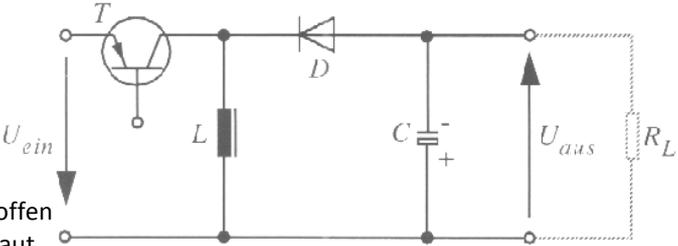
| | |
|---|---|
| <p>Wie stellt man den Arbeitspunkt der Emitterschaltung ein?</p> | <p>Arbeitsgerade durch zwei Punkte im Kennlinienfeld:</p> <p>A: Transistor sperrt, $I_C = 0 \rightarrow$ über dem Transistor fällt Quellspannung U_0 ab.</p> <p>B: Transistor leitet vollständig, $I_C = \max = U_0/R$</p> <p>Arbeitspunkt: Bei maximaler Aussteuerbarkeit - $U_{CE} = U_0/2$</p>  |
| <p>Wie sieht die Kollektorschaltung aus?</p> |  <p style="text-align: center;">Bild 4.13 Einfachste Kollektorschaltung</p> |
| <p>Wie groß ist die Wechselspannungsverstärkung der Kollektorschaltung?</p> | $v_u = \frac{\partial U_{out}}{\partial U_{in}} _{AP} = 1$ |
| <p>Wie verhält sich die Kollektorschaltung bei Temperaturänderung?</p> | <p>Temperaturänderung hat keinen merkbaren Einfluss auf die Verstärkung.</p> |

| Versuch 7 - Transistoren als Schalter | |
|---|---|
| <p>Welche Eigenschaften besitzt ein guter Schalter?</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1.) niederohmiger Durchlasswiderstand 2.) hochohmiger Sperrwiderstand 3.) kurze Schaltzeit, hohe Wiederholfrequenz 4.) Prellfreiheit 5.) große elektrische Schaltleistung bei kleiner Steuerleistung 6.) geringe Abnutzung \rightarrow hohe Lebensdauer 7.) kleiner Raumbedarf |
| <p>Wo liegen im Ausgangskennlinienfeld des bipolar Transistors die Arbeitspunkte für den Schalterbetrieb?</p> | <p>Die Arbeitspunkte liegen außerhalb des „normalen“ Analogbereichs!</p>  <p style="text-align: center;">Bild 1: Ausgangskennlinienfeld eine npn-Transistors</p> <p>A2: Schalter geschlossen (d.h. Transistor leitet $\rightarrow I_C = I_{C2}$ groß)</p> |

| | |
|--|--|
| | A1: Schalter offen (d.h. Transistor sperrt $\rightarrow I_C = I_{C1}$ klein) |
| Wie sind die Schaltzeiten t_d , t_r , t_s und t_f definiert? | <p> U_g Steuerspannung I_C gesteuerter Kollektorstrom t_d delay-time (Einschaltverzögerung) (start: bei $\frac{1}{2} U_{g2}$ stopp: 10% I_{C2}) t_r rise-time (Anstiegszeit) (start: 10% I_{C2} stopp: 90% I_{C2}) t_f fall-time (Abfallzeit) (start: 90% I_{C2} stopp: 10% I_{C2}) t_s storage-time (Speicherzeit) (start: bei $\frac{1}{2} U_{g2}$ stopp: 90% I_{C2}) </p> <p style="text-align: center;">Bild 4: Schaltzyklus eines npn-Emitterschalters</p> |
| Welche Aussage liefert die Verlustleistungshyperbel? | Die Verlusthyperbel eines Transistors kennzeichnet die bei Dauerbetrieb höchstens zulässige Verlustleistung, die nicht <i>ständig</i> überschritten werden darf, da der Transistor ansonsten wegen Überlastung unbrauchbar wird. |
| Wozu dient die Diode beim Schalten einer induktiven Last? | Die Diode begrenzt die Spannung über und damit den Stromfluss durch den Transistor * (Induktionsspannung der Spule beim Schalten) |
| Wie lässt sich die Schaltgeschwindigkeit beeinflussen? | Durch Variation des Kollektorwiderstands R_C und der Last R_L . * Großes R_C und $R_L \rightarrow$ große Abfallzeit t_{fall} Kleines R_C und $R_L \rightarrow$ kleine Abfallzeit t_{fall} |
| Welchen Nachteil muss man für schnellere Schaltzeiten hin Kauf nehmen? | Der Kollektorstrom I_C wird groß \rightarrow damit auch die Verlustleistung $P_{verlust}$ * |
| Welche beiden Hauptunterschiede zeigt das Schaltverhalten eines FET gegenüber eines bipolar Transistors? | Vorteile des FET: 1.) keine bzw. sehr kleine store-time t_s 2.) fall-time und rise-time sind gleichlang 3.) keine Veränderungen von t_s , t_r , t_f und t_d durch die Last Daraus ergibt sich ein symmetrischeres Ausgangssignal. Zum Vergleich der bipolare Transistor: 1.) rise-time ist immer gleich groß, unabhängig von R_L 2.) fall-time ist viel größer als rise-time und steigt mit größerer Last 3.) store-time steigt mit größerer Last und ist sehr groß |
| Wie berechnet sich die mittlere Verlustleistung des bipolar Transistors? | $P_w = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T i_c(t) \cdot u_{CE}(t) \cdot dt$ |

| Versuch 8 - Digitaltechnik | |
|---|--|
| Was versteht man unter Systemmodell und Verhaltensmodell? | Ein <u>Systemmodell</u> dient dazu, das Zusammenwirken der einzelnen Systembestandteile für den beabsichtigten Zweck hinreichend genau zu beschreiben, so dass daraus Voraussagen über das Systemverhalten getroffen werden können. Ein Systemmodell wird als <u>Verhaltensmodell</u> bezeichnet, wenn es keine Aussagen über den Aufbau des Systems enthält. |
| Wie werden Verhaltensmodelle klassifiziert? | Verhaltensmodelle lassen sich in vier große Klassen einteilen: 1.) <u>Analoge Modelle</u> : Werte- und Zeitbereich kontinuierlich 2.) <u>Zeitdiskrete Modelle</u> : Wertebereich kontinuierlich, Zeitbereich diskret 3.) <u>Wertdiskrete Modelle</u> : Wertebereich diskret, Zeitbereich kontinuierlich 4.) <u>Digitale Modelle</u> : Werte- und Zeitbereich diskret |

| | | |
|--|--|---|
| <p>Wie ist ein Steuerkreismodell aufgebaut?</p> | <p>Die Systemmodellierung wird in ein Steuerwerk und ein Operationswerk aufgeteilt. Das Operationswerk ist der gesteuerte Teil der Anlage und stellt die Verbindung zur Umgebung über die Prozessschnittstellen R und S her. Im Gegensatz zu den Schnittstellen R und S sind die Schnittstellen des Steuerwerks digitaler Natur.</p> | <p style="text-align: center;"><i>Steuerkreismodell</i></p> |
| <p>Worin unterscheiden sich das Mealy- und Moore-Automatenmodell?</p> | <p>Mealy-Automat: Durchschaltendes Schaltwerk. Bei diesem Typ wirkt die Eingangsvariable, die durch eine Umgehung des δ-Schaltnetzes und des Zustandsspeichers, direkt auf die Ausgabe ein.</p> <p>Moore-Automat: Speicherndes Schaltwerk. Die Ausgabe über das λ-Schaltnetz hängt nur vom im Zustandsspeicher gespeicherten Wert ab.</p> | |
| <p>Wie gestaltet sich der Schaltwerkentwurf mit speichernden Schaltwerken?</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1.) Erstellen eines Ablaufdiagramms 2.) Kodierung der Zustände und Schnittstellenvariablen 3.) Erstellen von Automatentabelle und Automatengraph 4.) Entwurf der Schaltnetze für die Zustandsfunktion (δ-Schaltnetz) und der Ausgabefunktion (λ-Schaltnetz) 5.) Erstellen des kompletten Schaltbildes des Schaltwerkes | |
| <p>Was sind Minterme / Maxterme?</p> | <p>Minterm: Konjunktion der Variablen: $y = (\overline{x_1} \wedge x_2 \wedge \overline{x_3}) = (\overline{x_1} \cdot x_2 \cdot \overline{x_3})$ ($y=1$, falls $x_1=0, x_2=1, x_3=0$, sonst ist $y=0$)</p> <p>Maxterme: Disjunktion der Variablen: $y = (x_1 \vee \overline{x_2} \vee x_3) = (x_1 + \overline{x_2} + x_3)$ ($y=0$, falls $x_1=0, x_2=0, x_3=0$, sonst ist $y=1$)</p> | |
| <p>Wie wird die konjunktive / disjunktive Normalform gebildet?</p> | <p>Konjunktive Normalform: Konjunktion von Maxtermen $y = (x_1 \vee x_2 \vee x_3) \wedge (\overline{x_1} \vee \overline{x_2} \vee x_3)$</p> <p>Disjunktive Normalform: Disjunktion von Mintermen $y = (\overline{x_1} \wedge x_2 \wedge \overline{x_3}) \vee (x_1 \wedge x_2 \wedge x_3)$</p> | |
| <p>Welche Bedingung muss bei der Werteübernahme am Zustandsspeicher erfüllt sein?</p> | <p>Der anliegende Wert darf sich zum Zeitpunkt der Übernahme nicht ändern.</p> | |
| <p>Welches sind die Hauptunterschiede heutiger Logikbausteine?</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Höhe der Versorgungsspannung - Lage der Schaltschwellen - Maximale Schaltgeschwindigkeit - Leistungsaufnahme | |
| <p>Wo liegen die Schaltschwellen V_{IH} und V_{IL} bei 5V-TTL und bei 5V-CMOS Logik?</p> | <p>5V-TTL: V_{IH}: 2 Volt V_{IL}: 0,8 Volt</p> <p>5V-CMOS: V_{IH}: 3,5 Volt V_{IL}: 1,5 Volt</p> | |
| <p>Wo liegt näherungsweise die Schwellenspannung V_T bei Standard - Logiktechnologien?</p> | <p>Zwischen 0,9 und 1,5 Volt. $V_T \approx 1/2 V_{CC}$</p> | |
| <p>Wie ist die Signallaufzeit t_p bei Logikbausteinen definiert?</p> | <p>Die Zeitdifferenz während des Überschreitens der Schwellenspannung am Eingang und des Überschreitens der Schwellenspannung am Ausgang. t_p unterschiedlich für High nach Low (t_{PHL}) und Low nach High (t_{PLH}) am Ausgang. $t_p = 1/2 (t_{PHL} + t_{PLH})$</p> | |
| <p>Was ist ein Hazard, was ein Hazardfehler?</p> | <p>Hazardfehler: Durch eine Änderung der Eingangswerte einer Schaltfunktion und die Signallaufzeiten verursachte mehrmalige Änderung am Ausgang des Schaltnetzes.</p> <p>Hazard: Konkretes Schaltnetz in Verbindung mit einer ungünstigen, fehlerproduzierenden Eingabe.</p> | |
| <p>Was ist der Unterschied zwischen einem Struktur- und einem Funktionshazard und wie können sie vermieden werden?</p> | <p>Strukturhazard: Bei einem Strukturhazard liefert die Schaltnetzstruktur in Verbindung mit Signallaufzeiten den Grund für einen Hazardfehler. Der Fehler muss aber nicht auftreten. Solche Fehler lassen sich mit dem Einfügen redundanter Primkonjugationen (überlappende Minterme im KV-Diagramm) beheben (Auslösung des Fehlers durch den Wechsel des "aktiven Minterms" bei einer Veränderung des Eingangswertes).</p> <p>Funktionshazard: Ein Funktionshazard entsteht durch die Schaltnetzfunktion. Er ist nicht behebbar. Der Funktionshazard tritt nur auf, wenn sich zeitgleich mehrere Eingangsvariablen ändern. Für spezielle Realisierungen der Schaltnetzfunktion ist es gegebenenfalls möglich den Hazard durch gezielte Verzögerungen der Signale innerhalb des Schaltnetzes zu beseitigen.</p> <p>Jegliche Hazardfehler können durch eine Taktung des Schaltnetzes beseitigt werden.</p> | |

| Versuch 9 | - Gleichstromsteller |
|---|--|
| Welche Vor- bzw. Nachteile haben Schaltnetzteile gegenüber linear geregelten Netzteilen? | <p><u>Vorteile:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> + geringes Gewicht und kleines Volumen + hoher Wirkungsgrad (70-90%) + relative Unempfindlichkeit gegen Eingangs- und Netzspannungsschwankungen + geringen Siebmittelbedarf (wegen hoher Betriebsfrequenz) <p><u>Nachteile:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - größerer Schaltungsaufwand - große Ausgangswelligkeit (i.d.R. bei niedriger Schaltfrequenz) - Störstrahlung in die Umgebung durch Zerhacker |
| Wie sieht die Schaltung für einen Tiefsetzsteller aus, wie funktioniert er, und wie lautet die Beziehung zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung? | <p>$U_{aus} = U_{ein} \cdot \vartheta_T = U_{ein} \cdot \frac{t_{ein}}{T}$</p> <p>$\vartheta_T$: Tastgrad (t_{ein}/T)</p>  <p>FUNKTION: Transistor (Schalter) schaltet die Eingangsspannung U_{ein} jeweils für kurze Taktzeiten t_{ein} voll durch. Die Länge von t_{ein} bestimmt den zeitlichen Mittelwert der Ausgangsspannung (immer \leq als U_{ein}). Drossel L: verhindert durch ihre Induktivität (Feldenergie) ein abruptes Abfallen / Ansteigen des Stromes beim Schalten und erhält so einen konstanten Strom über die Diode aufrecht. Kondensator C: glättet Restwelligkeit.</p> |
| Wie sieht die Schaltung für einen Hochsetzsteller aus, wie funktioniert er, und wie lautet die Beziehung zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung? | <p>$U_{aus} = U_{ein} \cdot \frac{1}{1 - \vartheta_T}$</p> <p>$\vartheta_T$: Tastgrad (t_{ein}/T)</p>  <p>FUNKTION: Transistor schaltet Spule L gegen Masse -> über ihr fällt nun Eingangsspannung U_{ein} ab -> Strom und Feldenergie der Spule steigen an. Bei Öffnen des TSchalters versucht Spule Stromfluss aufrecht zu erhalten -> Spannung an ihrem sekundären Ende steigt an bis U_{aus} erreicht ist -> Diode öffnet und Kondensator wird von Spule geladen. Magnetfeld gibt Energie an Kondensator ab. An Kondensator liegt nun eine höhere Spannung als U_{ein}.</p> |
| Welche Gefahren birgt der Hochsetzsteller? | Der Hochsetzsteller ist ein Sperrwandler. Das heißt, dass die Spule während der Leitungsphase des Transistors Energie in ihrem Feld speichert. Während der Sperrphase wird durch die gespeicherte Energie eine Spannung induziert, die so lange ansteigt, bis sie über irgendeinen Weg abfließen kann. |
| Wie sieht die Schaltung eines Inverswandlers aus, wie funktioniert er, und wie lautet die Beziehung zwischen Eingangs- und Ausgangsspannung? | <p>$U_{aus} = -U_{ein} \cdot \frac{\vartheta_T}{1 - \vartheta_T}$</p> <p>$\vartheta_T$: Tastgrad (t_{ein}/T)</p>  <p>FUNKTION: Während Schalttransistor offen ist und die Diode sperrt, baut sich Strom und induktive Energie in Drossel L auf. Während Sperrphase des Transistors erzwingt die Energie der Drossel einen Strom durch die jetzt leitende Diode über den Lastwiderstand. Inverswandler: Positive Eingangsspannung erzeugt negative Ausgangsspannung!</p> |
| Welche Gefahren birgt der Inverswandler? | Der invertierende Hoch- oder Tiefsetzsteller ist ein Sperrwandler. Das heißt, dass die Spule während der Leitungsphase des Transistors Energie in ihrem Feld speichert. Während der Sperrphase wird durch die gespeicherte Energie eine Spannung induziert, die so lange ansteigt, bis sie über irgendeinen Weg abfließen kann. |
| Wie ist das Tastverhältnis definiert? | Verhältnis zwischen Leitung und Sperrung des Wandlers: $\vartheta_T = \frac{t_{ein}}{T}$ |
| Wie hängt die Restwelligkeit von der Schaltfrequenz ab? | Restwelligkeit ungefähr $1/f$ |
| Wie ist der Wirkungsgrad definiert? | Wirkungsgrad $\eta = \frac{P_{aus}}{P_{ein}}$ |