Probeklausur

Elektrische Netzwerke

Universität:	Technische Universität Berlin
Kurs/Modul:	Elektrische Netzwerke
Bearbeitungszeit:	180 Minuten
Erstellungsdatum:	September 20, 2025

Bearbeitungszeit: 180 Minuten.

Aufgabe 1.

(a) Gegeben sei ein serielles RC-Netzwerk mit Widerstand R und Kapazität C. Leiten Sie die Impedanz in der komplexen Frequenzebene ab und geben Sie eine allgemeine Formel für $Z(j\omega)$ an.

(b) Leiten Sie die zeitliche Entwicklung der Kapazitätenspannung $V_C(t)$ für einen Eingangsspannungssprung $V_{\text{in}}(t) = V_0\, u(t)$ her. Formulieren Sie die zugehörige Differentialgleichung und geben Sie die allgemeine Lösung $V_C(t)$ in Bezug zu V_0, R, C an. $(t \geq 0)$

(c) Definieren Sie die Übertragungsfunktion eines RC-Filters und geben Sie die Struktur von $H(s) = \dfrac{V_{\text{out}}(s)}{V_{\text{in}}(s)}$ allgemein an. Bestimmen Sie außerdem die Lage der Pole in Abhängigkeit von R und C.

(d) Beschreiben Sie das Frequenzverhalten eines RC-Filters. Bestimmen Sie die abstrakte Form von Betrag $|H(j\omega)|$ und Phase $\angle H(j\omega)$ in Abhängigkeit von ω und den Parametern R und C.

Aufgabe 2.

(a) Betrachten Sie ein RL-Glied in Serie mit Widerstand R und Induktor L. Beschreiben Sie die zeitliche Reaktion eines Sprungsignals $V_s u(t)$ auf den Strom, und formulieren Sie die allgemeine Form der Stromantwort $i(t)$ (ohne Lösung vorzugeben).

(b) Verwenden Sie das Maschenstromverfahren, um den folgenden Kreis zu analysieren: Eine Gleichspannungsquelle V_s speist zwei Maschen; in der oberen Masche liegen der Widerstand R_1 und der gemeinsame Widerstand R_3, in der unteren Masche liegt der Widerstand R_2; der gemeinsame Zweig enthält R_3. Formulieren Sie die Maschenstromgleichungen und beschreiben Sie die Vorgehensweise zur Bestimmung der Maschenströme i_1, i_2 (keine konkreten Werte).

(c) Betrachten Sie das Eingangsportverhalten eines passiven Zweitors. Beschreiben Sie, wie der Eingangswiderstand Z_{in} durch geeignete Analysenmethoden (Knotenpotenzial- oder Maschenstromverfahren) bestimmt wird und welche Informationen dazu erforderlich sind.

Aufgabe 3.

(a) Definieren Sie die Z-Parameter eines Zweitors und leiten Sie die Beziehung zwischen den Grössen (V_1, I_1) und (V_2, I_2) her:

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ -I_2 \end{bmatrix},$$

und erläutern Sie die Bedeutung der Parameter.

(b) Bestimmen Sie symbolisch die Z-Parameter eines einfachen Zweitors, der aus zwei seriell verbundenen Widerständen R_1 und R_2 besteht, wobei Port 1 links und Port 2 rechts anschließend gemessen wird. Halten Sie die Definitionen konsistent fest.

(c) Erklären Sie, wie Streuparameter (S-Parameter) für Zweitor-Netzwerke eingeführt werden und welche Informationen sie im Hochfrequenzbereich liefern. Skizzieren Sie in Worten, wie man für ein einfaches, passives Netz die S-Parameter bestimmen würde.

(d) Ein Zweitor mit einem rein reziproken, linearen Leitungszweig wird betrachtet. Beschreiben Sie, wie man aus dem Frequenzverhalten eines Zweitors Bodendiagramme (Bode-Diagramme) ableitet und welche Informationen daraus über Stabilität und Grenzfrequenzen gewonnen werden können.

Aufgabe 4.

(a) Formulieren Sie die Laplace-Transformationen typischer zeitabhängiger Signale in Netzwerkanalyse. Geben Sie die Grundgleichungen an und erklären Sie, wie Transienten- und Frequenzbereich zusammenhängen.

(b) Für eine gegebene Zweitor-Schaltung beschreiben Sie das Vorgehen zur Suche von Polstellen und Nullstellen der zugehörigen Übertragungsfunktion $H(s)$ mittels Partialbruchzerlegung. Skizzieren Sie den Prozess ohne konkrete numerische Ergebnisse.

(c) Diskutieren Sie die Rolle von Fourier- und Laplace-Transformationen bei der Analyse zeitdiskreter vs. zeitlich kontinuierlicher Netzwerke. Erläutern Sie, wann welche Transformationen sinnvoll eingesetzt werden.

(d) Beschreiben Sie den Nutzen von Simulationswerkzeugen wie SPICE oder MATLAB/MATLAB-Simulationsumgebungen in der Netzwerkanalyse. Nennen Sie typische Anwendungsfelder, bei denen solche Werkzeuge eingesetzt werden, ohne konkrete Ergebnisse vorzugeben.

Lösungen

Bearbeitungszeit: 180 Minuten.

Aufgabe 1.

(a) Gegeben sei ein serielles RC-Netzwerk mit Widerstand R und Kapazität C. Leiten Sie die Impedanz in der komplexen Frequenzebene ab und geben Sie eine allgemeine Formel für $Z(j\omega)$ an.

$$Z(j\omega) = R + \frac{1}{j\omega C} = R - \frac{j}{\omega C}, \qquad \omega > 0.$$

In der komplexen Frequenzebene ist der reale Anteil konstant R und der imaginäre Anteil negativ und skaliert mit $-1/(\omega C)$. Alternativ gilt allgemein

$$Z(s) = R + \frac{1}{sC} = R + \frac{1}{sC}, \quad s = j\omega.$$

(b) Leiten Sie die zeitliche Entwicklung der Kapazitätenspannung $V_C(t)$ für einen Eingangsspannungssprung $V_{\text{in}}(t) = V_0\, u(t)$ her. Formulieren Sie die zugehörige Differentialgleichung und geben Sie die allgemeine Lösung $V_C(t)$ in Bezug zu V_0, R, C an. $(t \geq 0)$

Es gilt

$$V_{\text{in}}(t) = V_R(t) + V_C(t) = R\, i(t) + V_C(t), \quad i(t) = C\, \frac{dV_C}{dt}.$$

Daraus folgt die lineare Differentialgleichung erster Ordnung

$$RC\, \frac{dV_C}{dt} + V_C = V_0\, u(t).$$

Für $t \geq 0$ gilt die Anfangsbedingung $V_C(0) = V_C(0^-)$ (bei ungepufferter Anfangs-Kapazität). Die allgemeine Lösung (mit bekannter portierter Eingangsinspannung) lautet

$$V_C(t) = V_{\text{in}}(t) + \big(V_C(0^+) - V_{\text{in}}(t)\big) e^{-t/(RC)}.$$

Für den typischen Fall eines Sprunges von 0 auf V_0 bei $t = 0$ (Anfangsspannung Null) folgt

$$V_C(t) = V_0\left(1 - e^{-t/(RC)}\right), \quad t \geq 0.$$

(c) Definieren Sie die Übertragungsfunktion eines RC-Filters und geben Sie die Struktur von $H(s) = \dfrac{V_{\text{out}}(s)}{V_{\text{in}}(s)}$ allgemein an. Bestimmen Sie außerdem die Lage der Pole in Abhängigkeit von R und C.

Für das serielle RC-Netzwerk hängt die Form von $H(s)$ davon ab, wo der Output gemessen wird.

- Output über der Capacitor (Low-Pass-Charakteristik):

$$H_{\text{LP}}(s) = \frac{Z_C}{R + Z_C} = \frac{\frac{1}{sC}}{R + \frac{1}{sC}} = \frac{1}{1 + sRC}, \quad \text{Pol}:\ s = -\frac{1}{RC}.$$

- Output über dem Widerstand (High-Pass-Charakteristik):

$$H_{\text{HP}}(s) = \frac{R}{R + Z_C} = \frac{R}{R + \frac{1}{sC}} = \frac{sRC}{1 + sRC}, \quad \text{Pol}:\ s = -\frac{1}{RC},\ \text{Nullstelle bei } s = 0.$$

Allgemein gilt also, dass der erste Pol der einzigen Polstelle bei $s = -1/(RC)$ liegt; die genaue Form von $H(s)$ hängt von der Art der Messung ab.

(d) Beschreiben Sie das Frequenzverhalten eines RC-Filters. Bestimmen Sie die abstrakte Form von Betrag $|H(j\omega)|$ und Phase $\angle H(j\omega)$ in Abhängigkeit von ω und den Parametern R und C.

Für den Low-Pass-Fall ($H_{\mathrm{LP}}(s) = 1/(1 + sRC)$) gilt

$$|H(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}, \qquad \angle H(j\omega) = -\arctan(\omega RC).$$

Für den High-Pass-Fall ($H_{\mathrm{HP}}(s) = sRC/(1 + sRC)$) gilt

$$|H(j\omega)| = \frac{\omega RC}{\sqrt{1 + (\omega RC)^2}}, \qquad \angle H(j\omega) = \arctan(\omega RC) - \frac{\pi}{2} = -\arctan\left(\frac{1}{\omega RC}\right).$$

Aufgabe 2.

(a) Betrachten Sie ein RL-Glied in Serie mit Widerstand R und Induktor L. Beschreiben Sie die zeitliche Reaktion eines Sprungsignals $V_s u(t)$ auf den Strom, und formulieren Sie die allgemeine Form der Stromantwort $i(t)$ (ohne Lösung vorzugeben).

Die Schaltung erfüllt

$$V_s u(t) = R\,i(t) + L\,\frac{di(t)}{dt},$$

bzw. in der standardform

$$L\,\frac{di}{dt} + R\,i = V_s u(t).$$

Mit einer Sprunganregung und geeigneten Anfangsbedingungen (z. B. $i(0) = i_0$) gilt eine zeitabhängige Lösung der Form

$$i(t) = i_{\mathrm{ss}} + (i(0) - i_{\mathrm{ss}})\,e^{-t/\tau}, \quad t \geq 0,$$

mit der Gleich-Gleichwertigkeitsschwellenstrom $i_{\mathrm{ss}} = V_s/R$ und der Zeitkonstante $\tau = L/R$. Falls $i(0) = 0$ gilt speziell

$$i(t) = \frac{V_s}{R}\left(1 - e^{-tR/L}\right) = \frac{V_s}{R}\left(1 - e^{-t/\tau}\right).$$

(b) Verwenden Sie das Maschenstromverfahren, um den folgenden Kreis zu analysieren: Eine Gleichspannungsquelle V_s speist zwei Maschen; in der oberen Masche liegen der Widerstand R_1 und der gemeinsame Widerstand R_3, in der unteren Masche liegt der Widerstand R_2; der gemeinsame Zweig enthält R_3. Formulieren Sie die Maschenstromgleichungen und beschreiben Sie die Vorgehensweise zur Bestimmung der Maschenströme i_1, i_2 (keine konkreten Werte).

Maschenstromgleichungen (Vorzeichen gemäß typischer Konvention, Masche 1 oben, Masche 2 unten, Vs in der linken Seite):

Top-Masche: $R_1 i_1 + R_3(i_1 - i_2) = V_s$.

Bottom-Masche: $R_2 i_2 + R_3(i_2 - i_1) = 0$.

In Matrixform:

$$\begin{bmatrix} R_1 + R_3 & -R_3 \\ -R_3 & R_2 + R_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_s \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Vorgehensweise: - Die 2×2-Gleichung lösen, z. B. durch Inversion der Koeffizientenmatrix oder durch das Verwenden der Cramer'schen Regel. - Die Lösungen i_1 und i_2 liefern die Spannungsabfälle an den jeweiligen Widerständen und damit alle gewünschten Größen des Netzwerks.

Zusätzliche Bemerkung: Man kann auch die Matrixformel verwenden

$$\mathbf{i} = \mathbf{A}^{-1}\mathbf{b}, \quad \mathbf{A} = \begin{bmatrix} R_1 + R_3 & -R_3 \\ -R_3 & R_2 + R_3 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{b} = \begin{bmatrix} V_s \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Aus der Inverse erhält man explizit

$$\det \mathbf{A} = (R_1 + R_3)(R_2 + R_3) - R_3^2,$$

und

$$i_1 = \frac{V_s(R_2 + R_3)}{\det \mathbf{A}}, \qquad i_2 = \frac{V_s R_3}{\det \mathbf{A}}.$$

(c) Betrachten Sie das Eingangsportverhalten eines passiven Zweitors. Beschreiben Sie, wie der Eingangswiderstand Z_{in} durch geeignete Analysenmethoden (Knotenpotenzial- oder Maschenstromverfahren) bestimmt wird und welche Informationen dazu erforderlich sind.

Bestimmung von Z_{in} (Eingangswiderstand am Port 1) erfordert die Kenntnis des betrachteten Lastzustands am Port 2 (Terminiertes Zweitor). Vorgehen:

- Wähle eine Analysemethode (Knotenpotential- oder Maschenstromverfahren). - Wende eine Eingangstestquelle V_{test} am Port 1 an, während Port 2 mit der vorgesehenen Last Z_L terminiert wird (oder offen/kurz, je nach gewünschter Definition von Z_{in}). - Schreibe die Gleichungen (Knotenpotentialen oder Maschenströme) und bestimme daraus I_1 bzw. V_1 am Port 1. - Definiere

$$Z_{\text{in}} = \frac{V_1}{I_1},$$

wobei I_1 der in den Port 1 hineingeleitete Strom ist. Beachte, dass der Wert von Z_{in} von der Termination des Ports 2 abhängt; verschiedene Lastzustände am Port 2 liefern unterschiedliche Eingangsimpedanzen.

Zusätzliche Hinweise: - Für offene Port-2-Termination ($I_2 = 0$) erhält man eine bestimmte Eingangsimpedanz, wohingegen bei Kurzschluss ($V_2 = 0$) eine andere resultiert. - Alternativ kann man die Z-Parameter des Zweitors verwenden:

$$Z_{\text{in}} = Z_{11} - \frac{Z_{12}Z_{21}}{Z_{22}},$$

falls die Port 2-Last im Sinne der Z-Parameter definiert ist. - Die exakte Gleichung hängt von der gewählten Netzwerkkonfiguration ab; die allgemeine Vorgehensweise bleibt jedoch die Ableitung der Eingangssicht unter gegebener Last am Port 2.

Aufgabe 3.

(a) Definieren Sie die Z-Parameter eines Zweitors und leiten Sie die Beziehung zwischen den Grössen (V_1, I_1) und (V_2, I_2) her:

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{11} & Z_{12} \\ Z_{21} & Z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ -I_2 \end{bmatrix},$$

und erläutern Sie die Bedeutung der Parameter.

Die Z-Parameter definieren den linearen Zusammenhang zwischen Portspannungen und Portströmen in einem Zwei-Port: - $V_1 = Z_{11}I_1 + Z_{12}(-I_2)$, - $I_1 = Z_{21}I_1 + Z_{22}(-I_2)$.

Interpretation: - Z_{11} ist der Eingangsimpedanzimpuls des Port 1, wenn Port 2 offen (I2=0) ist, - Z_{12} der Anteilswechsel der Eingangsspannung durch eine Änderung von Port-2-Strom, - Z_{21} der Einfluss von Port-1-Strom auf die Ausgangsspannung, - Z_{22} der Ausgangsimpedanz, wenn Port 1 offen $(\mathrm{I}_1 = 0) ist$.

(b) Bestimmen Sie symbolisch die Z-Parameter eines einfachen Zweitors, der aus zwei seriell verbundenen Widerständen R_1 und R_2 besteht, wobei Port 1 links und Port 2 rechts anschließend gemessen wird. Halten Sie die Definitionen konsistent fest.

Für den Zweitor mit zwei seriell verbundenen Widerständen hat der Port 1 Anschluss am linken Ende und Port 2 am rechten Ende der Reihenschaltung. Die Z-Parameter ergeben sich zu

$$Z_{11} = R_1, \qquad Z_{12} = -R_2, \qquad Z_{21} = 0, \qquad Z_{22} = -R_2.$$

Begründung: Die Spannung am Port 1 ergibt sich aus dem Widerstand R1, während die Ströme durch den gemeinsamen Zweig (R2) zu Port 2 Einfluss haben, wodurch eine negative Kopplung zu Port 2 entsteht; die Auslegung zeigt die Entkopplung des Ports 2 bezüglich Port 1 im Z_{21}-Eintrag.

(c) Erklären Sie, wie Streuparameter (S-Parameter) für Zweitor-Netzwerke eingeführt werden und welche Informationen sie im Hochfrequenzbereich liefern. Skizzieren Sie in Worten, wie man für ein einfaches, passives Netz die S-Parameter bestimmen würde.

S-Parameter beschreiben die Ankopplung von in- und ausgehenden Bussystemen unter Berücksichtigung der Impedanz-Normierung (Referenzimpedanz Z_0). Definiert werden üblicherweise die quadratischen Größen - S_{11}: Reflektion am Port 1, - S_{21}: Transmission von Port 1 nach Port 2, - S_{12}: Transmission von Port 2 nach Port 1, - S_{22}: Reflektion am Port 2,

bei Terminationen mit dem Referenzimpedanzwert Z_0. Informationen: - Beträge von S-Parametern geben die Übertragungs- bzw. Reflexionsverluste an, - Phasenlagen geben die Phasenverschiebungen an, - S-Parameter liefern fundamental die Hochfrequenzcharakteristik des Netzes.

Vorgehen (skizzenhaft): - Netz bei Frequenzbereich analysieren und die Eingangsimpedanz für bekannter Terminierung (z. B. Z_0 am beiden Ports) bestimmen. - Netzanalysator oder numerische Berechnung verwenden, um S_{ij} zu erhalten: - Ports mit Z_0 terminieren, - Einfallende Welle a_1, a_2 und reflektierte Wellen b_1, b_2 definieren, - $S_{ij} = b_i/a_j$ unter den passenden Terminierungsbedingungen.

(d) Ein Zweitor mit einem rein reziproken, linearen Leitungszweig wird betrachtet. Beschreiben Sie, wie man aus dem Frequenzverhalten eines Zweitors Bodendiagramme (Bode-Diagramme) ableitet und welche Informationen daraus über Stabilität und Grenzfrequenzen gewonnen werden können.

Vorgehen: - Bestimmen oder modellieren Sie die Übertragungsfunktion $H(s) = V_{\text{out}}(s)/V_{\text{in}}(s)$ des Zweitors. - Zerlegen Sie $H(s)$ in Nullstellen und Polstellen (Polstellen liegen im linken Halbsenke im stabilen Netz vor, bei reziproken Leitungszweigen sind Polstellen typischerweise in der linken Halbebene). - Ermitteln Sie die Frequenzpositionen der Polstellen/Nullstellen $\omega_p = \text{Im}(s_p)$ bzw. $\omega_z = \text{Im}(s_z)$ (bei rein reziproken Leitungszweigen treten diese häufig als Grenzfrequenzen auf). - Erstellen Sie das Bodediagramm, indem Sie - den Betrag $|H(j\omega)|$ gegen $\log\omega$ und - die Phase $\angle H(j\omega)$ gegen $\log\omega$ darstellen. - Interpretation: - Grenzfrequenzen entsprechen Wandlern oder Filtern: bei $|H(j\omega)|$ fällt der Pegel um typischerweise 20 dB/Dec je nach Ordnung. - Phasenverlauf offenbart potenzielle Phasenverschiebungen, die in Hochfrequenzbereichen kritisch werden können. - Stabilität: für passive, reziproke Zweitore ist Stabilität meist gegeben; bei aktiven Netzen identifiziert man potenzielle Instabilitäten durch Polstellen in der rechten Halbebene (rote Flaggen auf dem SLP-Bereich des Frequenzspektrums).

Aufgabe 4.

(a) Formulieren Sie die Laplace-Transformationen typischer zeitabhängiger Signale in Netzwerkanalyse. Geben Sie die Grundgleichungen an und erklären Sie, wie Transienten- und Frequenzbereich zusammenhängen.

Wesentliche Transformationen: - Lineare Zeitinvariante Systeme:

$$\mathcal{L}\{f(t)\} = F(s) = \int_{0^-}^{\infty} f(t)\, e^{-st}\, dt, \quad \Re(s) > \sigma_0.$$

- Ableitungen:

$$\mathcal{L}\left\{\frac{df(t)}{dt}\right\} = sF(s) - f(0^-).$$

- Integrale:

$$\mathcal{L}\left\{\int_0^t f(\tau)\, d\tau\right\} = \frac{F(s)}{s}.$$

- Zuwachs/Spannungen im Netzwerk: - Induktor: $v_L(t) = L\,\frac{di(t)}{dt} \quad \Rightarrow \mathcal{L}\{v_L\} = sL\,I(s) - L\,i(0^-)$. - Kondensator: $i_C(t) = C\,\frac{dv_C(t)}{dt} \quad \Rightarrow \mathcal{L}\{i_C\} = sC\,V(s) - C\,v_C(0^-)$. - Impedanzdarstellung in der Laplanc domain:

$$Z_L(s) = sL, \quad Z_C(s) = \frac{1}{sC}, \quad Z_R(s) = R.$$

- Zusammenhang von Transienten- und Frequenzbereich: Der Frequenzbereich entspricht dem Spezialfall $s = j\omega$ der Laplace-Transformation. Für stabile Systeme existiert die Übertragungsfunktion $H(s)$ und der Frequenzbereich (stetiger Sinus-Input) ergibt sich als $H(j\omega)$. Transiente Antworten (Steady-State, Einschwingvorgänge) lassen sich durch die Teildarstellung von $H(s)$ und die inverse Laplace-Transformation rekonstruieren.

(b) Für eine gegebene Zweitor-Schaltung beschreiben Sie das Vorgehen zur Suche von Polstellen und Nullstellen der zugehörigen Übertragungsfunktion $H(s)$ mittels Partialbruchzerlegung. Skizzieren Sie den Prozess ohne konkrete numerische Ergebnisse.

Vorgehen: - Schreibe $H(s) = \dfrac{N(s)}{D(s)}$ als Verhältnis zweier Polynome. - Bestimme die Nullstellen von $N(s)$ (Nullstellen) und Polstellen aus $D(s) = 0$. - Prüfe Standardformen: einfache, doppelte Pole, gemeinsame Faktoren, sowie Nullstellen außerhalb/innen. - Wende Partialbruchzerlegung an:

$$H(s) = \sum_k \frac{A_k}{s - p_k} + \sum_\ell \frac{B_\ell}{(s - z_\ell)} + \cdots$$

wobei p_k Polstellen (Pole) und z_ℓ Nullstellen (Nullstellen) sind. - Verwende die Residuen $A_k, B_\ell, \ldots$ zur Bestimmung der zeitabhängigen Antworten via inverse Laplace-Transformation. - Beachte Randfälle wie Pol-Nullstellen-Kollisionen oder faktorisierte Nenner; ggf. faktorisieren und vereinfachen. - Die Skizze des Prozesses: Bestimme Grad von Zähler/Nenne, Faktorisiere $D(s)$, führe Zerlegung durch, und leite daraus $h(t)$ (Impuls-/Sprungantwort) durch Inversion von Teildarstellungen ab.

(c) Diskutieren Sie die Rolle von Fourier- und Laplace-Transformationen bei der Analyse zeitdiskreter vs. zeitlich kontinuierlicher Netzwerke. Erläutern Sie, wann welche Transformationen sinnvoll eingesetzt werden.

- Kontinuierliche Zeit (CT) Signale: - Laplace-Transformation (L.T.) ist allgemein geeigneter, da sie Transienten, Anfangsbedingungen und das Laplace-Parameter s umfasst. - Fourier-Transformation ist der Grenzfall der L.T. mit $s = j\omega$ und liefert den Frequenzinhalt reiner, sinusförmiger oder stationärer Signale. - Zeitdiskrete Signale (DT): - Z-Transformation wird verwendet, um diskrete Zeit-Systeme im Frequenzbereich zu analysieren. - Fourier-Transformation bleibt sinnvoll, insbesondere für frequenzbasierte Repräsentationen diskreter Signale (DTFS). - Praktisch: - Verwende Laplace, um das Transientenverhalten zu analysieren und Initialbedingungen einzubeziehen. - Verwende Fourier, um das Frequenzspektrum homogener, zeitinvarianter Systeme zu untersuchen. - Für diskrete Simulationen (Digitale Signale) nutze die Z-Transform bzw. diskrete Fourier-Transformation (DFT).

(d) Beschreiben Sie den Nutzen von Simulationswerkzeugen wie SPICE oder MATLAB/MATLAB-Simulationsumgebungen in der Netzwerkanalyse. Nennen Sie typische Anwendungsfelder, bei denen solche Werkzeuge eingesetzt werden, ohne konkrete Ergebnisse vorzugeben.

- SPICE (und Ableitungen) nutzen: - Transientenanalyse (Zeitverlauf von Spannungen/Strömen), - Gleichungs-OPP-Analyse (DC-OPP), - AC-Analyse (kleinsignal Frequenzverhalten, Gain- und Phasenverläufe), - Parametric sweeps (Variation von Bauteilwerten, Monte-Carlo-Analysen), - Nichtlineare Bauteile (Dioden, Transistoren, Spannungsquellen). - MATLAB/Simulink nutzen: - Numerische Lösung von Differentialgleichungen (z. B. Zustandsraumdarstellungen), - Symbolische Berechnungen, lineare Algebra, Optimierung, - Datenanalyse, Visualisierung, Post-Processing, - Modellierung komplexer Netzwerke, Simulation von zeitdiskreten Systemen (DSP-Modelle). - Typische Anwendungsfelder: - Entwurf von Filtern (Zeit- und Frequenzverhalten), - Transientenanalyse von Netzwerken (Schaltvorgänge, Einschwingvorgänge), - Schaltungssynthese (Parameteroptimierung, Bauteilwertabstimmung), - Hochfrequenz-Netzwerke (S-Parameter-Analysen), - Leistungsnetze (Transienten- und Stabilitätsstudien), - Vergleich von analytischen Ergebnissen mit numerischen Simulationen.