

Lernzettel

Simulationswerkzeuge SPICE und MATLAB:
Arbeitsweisen, Modellierung und Auswertung

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



Zielorientierte Lerninhalte, kostenlos!
Entdecke zugeschnittene Materialien für deine Kurse:

<https://study.AllWeCanLearn.com>

Elektrische Netzwerke

Lernzettel: Simulationswerkzeuge SPICE und MATLAB: Arbeitsweisen, Modellierung und Auswertung

(1) Grundlagen und Zielsetzung. Ziel dieses Abschnitts ist ein verständliches Grundverständnis zu SPICE und MATLAB als Werkzeuge zur Netzwerkanalyse.

- SPICE (Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis) simuliert elektronische Netzwerke durch nodale/Knotenanalyse, zeit- oder frequenzbereichsbasierte Analysen und liefert Knotenspannungen sowie Ströme in Bauteilen.
- MATLAB (und Simulink) dient der numerischen Lösung linearer bzw. nichtlinearer Systeme, Zeitverläufe, Übertragungsfunktionen und der Analyse im Frequenzbereich.

Wichtige Konzepte.

- Zeitbereich vs. Frequenzbereich (Laplace- bzw. Fourier-Transformation).
- Transientenreaktionen niedriger Ordnung, Übertragungsfunktionen, Bodendiagramme.
- Ersatzschaltungen, Kirchhoffsche Sätze, und deren Umsetzung in Simulationswerkzeugen.

(2) Arbeitsweise von SPICE.

- Netlist-basierte Beschreibung der Schaltung: Bauteile, Knoten, Quellen.
- Analytische Kernprozesse: Gleichungssysteme à la $\mathbf{G}\mathbf{V} = \mathbf{I}$, wobei $\mathbf{G}$ die Admittanz-/Widerstandsmatrix ist und $\mathbf{V}$ die Knoten-Spannungen enthält.
- Analysen-Typen:
 - DC-OP (Betriebspunkt),
 - Transient (Zeitverlauf),
 - AC Sweep / AC Analysis (Frequenzbereich abdecken),
 - DC Sweep (Parameterauswertung über einen Bereich von Werten).
- Typische Elemente: Widerstände, Kapazitäten, Induktivitäten, Spannungsquellen, Stromquellen, gesteuerte Quellen (VCVS, VCCS, CCCS, CACS), Transistor-Modelle.
- Ausgabe: Spannungen an Knoten, Ströme durch Zweige, Leistungsaufnahme.

Beispielhafte Netlist (RC-Tiefpass). V1 in 0 DC 5 R1 in out 1k C1 out 0 1u .TRAN 0.01ms 5ms .END

(3) Arbeitsweise von MATLAB/Simulink.

- Numerische Lösung von Netzwerkgleichungen per Matrixmethoden (z. B. Maschen- oder Knotenanalyse), oder via Differentialgleichungen $\mathbf{C}\dot{\mathbf{v}} + \mathbf{G}\mathbf{v} = \mathbf{u}(t)$.
- Übertragungsfunktionen als rationale Brüche $H(s) = \frac{N(s)}{D(s)}$.

- Typische Befehle:
 - Erzeugen einer Transferfunktion: $\text{sys} = \text{tf}(N(s), D(s))$.
 - Zeitbereichsanalyse: $\text{step}(\text{sys})$, $\text{impulse}(\text{sys})$.
 - Frequenzbereich: $\text{bode}(\text{sys})$.

(4) Modellierung von Netzwerken mit SPICE und MATLAB.

- SPICE-Modellierung:
 - Bauteile als Elemente mit Werten, stößt auf Normen und Modellparameter.
 - Verhalten wird durch die Netzliste und die gewählten Analysen bestimmt.
- MATLAB-Modellierung:
 - Rationale Übertragungsfunktionen $H(s)$ für lineare Netzwerke, oder direkte Lösung von Differentialgleichungen.
 - Nutzung von Simulink für zeitabhängige Schaltungen (Blockdiagramme).
- Typischer Aufbau beider Ansätze:
 - Definition der Netzparameter,
 - Auswahl der Analyseart (DC, Transient, AC),
 - Durchführung der Simulation und post-processing der Ergebnisse.

(5) Auswertung und Interpretation der Ergebnisse.

- Zeitverläufe liefern Einblicke in Transienten, Einschwingzeiten und Dämpfung.
- Frequenzverhalten liefert $|H(j\omega)|$ bzw. Phasenverschiebung.
- Für einfache Systeme gilt:

$$H(s) = \frac{N(s)}{D(s)}, \quad s = j\omega \Rightarrow |H(j\omega)| = \sqrt{\Re\{H(j\omega)\}^2 + \Im\{H(j\omega)\}^2}.$$

- Vergleich SPICE vs. MATLAB:
 - SPICE eignet sich gut für detaillierte Bauteilmodelle und reale Bauteilverhalten.
 - MATLAB eignet sich gut für schnelle Analysen, Transferfunktionen und symbolische Ableitungen.

(6) Beispiel: RC-Tiefpass – Transferfunktion und Simulation. *Theoretisch:*

$$H(s) = \frac{1}{RCs + 1}, \quad R = 1 \text{ k}\Omega, \quad C = 1 \mu\text{F}, \quad \tau = RC = 1 \times 10^{-3} \text{ s}.$$

In MATLAB (Transferfunktion und Schrittantwort):

```
R = 1e3; C = 1e-6;  
s = tf('s');  
H = 1/(R * C * s + 1);  
step(H);
```

```
% MATLAB: RC low-pass
R = 1e3; C = 1e-6;
s = tf('s');
H = 1/(R*C*s + 1);
step(H);
```

In SPICE (Transienten Analyse):

```
* RC-Tiefpass
V1 in 0 DC 5
R1 in out 1k
C1 out 0 1u
.TRAN 0.01ms 5ms
.END
```

(7) Zusatz: Frequenzverhalten, Transienten und Aufbau.

- Frequenzverhalten: Bode-Diagramme, Grenzfrequenz $\omega_c = \frac{1}{RC}$.
- Transienten: Einschwingzeit $\tau = RC$; Überschwingen bei zweiten Ordnung.
- Mit SPICE lassen sich auch nichtlineare Effekte (z. B. Dioden, Transistoren) modellieren.

(8) Hinweise zur Normung, Sicherheit und Nachhaltigkeit.

- Berücksichtige normative Vorgaben und Normen beim Schaltungsentwurf.
- Setze dich mit der sicheren Anwendung elektrischer Schaltungen auseinander, um Gesundheitsrisiken zu vermeiden.
- Beziehe Umweltaspekte in die Netzwerkanalyse ein (z. B. Energieeffizienz, Vermeidung unnötiger Verluste).

Hinweis zur Verwendung der Werkzeuge.

- SPICE eignet sich primär für detaillierte Bauteilmodelle und schnelle parametrisierte Analysen.
- MATLAB/Simulink bietet starke Fähigkeiten zur Modellierung, analytischen Ableitung und Visualisierung von Übertragungsfunktionen.

(9) Verweise und weiterführende Inhalte. Mehr Lerninhalte findest du unter der bekannten Adresse:

<https://study.AllWeCanLearn.com>

Zusatzformeln (sichtbar):

$$H(s) = \frac{N(s)}{D(s)}, \quad s = j\omega \Rightarrow |H(j\omega)| = \sqrt{\Re\{H(j\omega)\}^2 + \Im\{H(j\omega)\}^2}.$$

$$\tau = RC \quad (\text{Zeitkonstante eines RC-Glieds}).$$