

Modelle für Mehrleitersysteme im Kraftfahrzeug mit VHDL-AMS und Modelica

Kerstin Siebert, Stephan Frei

Arbeitsgebiet Bordsysteme
Universität Dortmund
Friedrich-Wöhler-Weg 4
44227 Dortmund
www.bordsysteme.uni-dortmund.de

Kurzfassung

Im Kraftfahrzeug werden für immer mehr Anwendungen Bussysteme, wie z.B. LIN, CAN oder FlexRay eingesetzt. Besonders bei schnellen Bussystemen wie FlexRay ist die Datenübertragung über die im Kfz üblichen einfachen und ungeschirmten Rundleiter kritisch. Datenfehler können entstehen und die Anwendung bei sicherheitskritischen Systemen, wie zum Beispiel elektronische Lenkung und Bremse, problematisch machen. Zur Systemanalyse ist die Simulation ein außerordentlich wichtiges Hilfsmittel. Die hierzu nötigen Modelle von Mehrleitersystemen in geeigneten Modellierungssprachen wie VHDL-AMS und Modelica waren bisher nicht verfügbar. Mehrleitermodelle für die Signalintegritätsbetrachtung wurden entwickelt und messtechnisch verifiziert.

Die elektromagnetische Wechselwirkung zwischen $n+1$ -Leitern zeigt sich in einer Verkopplung der Leitungsgleichungen, d.h. die Spannung U_i und der Strom I_i jedes einzelnen Leiters hängen von den Spannungen bzw. Strömen aller n Leiter ab [1]:

$$\frac{d}{dz} \begin{bmatrix} U_1 \\ \vdots \\ U_n \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Z_{11} & \cdots & Z_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{n1} & \cdots & Z_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ \vdots \\ I_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Dabei setzt sich die $n \times n$ Impedanzmatrix $[Z']$ aus der Widerstandsbelagsmatrix $[R']$ und der Induktivitätsbelagsmatrix $[L']$ zusammen

$$[Z'] = [R'] + j\omega[L'] \quad (2)$$

Analog können die Gleichungen für die kapazitive Kopplung angegeben werden.

Zur Implementierung des Modells eines Mehrleitersystems in Modellierungssprachen wie VHDL-AMS und Modelica wird eine Entkopplung der Leitungsgleichungen [1] vorgenommen. Dadurch kann für jeden der n entkoppelten Leiter das bekannte und bereits in VHDL-AMS und Modelica implementierte Zweileitermodell [2,3] verwendet werden.

Zur Modellierung der Verkopplung der Leiter werden gesteuerte Spannungs- und Stromquellen eingefügt, welche von den Spannungen bzw. Strömen aller n Leiter gesteuert werden.

Implementierungen solcher mehrfach gesteuerten Quellen sind in VHDL-AMS und Modelica noch nicht verfügbar. Diese wurden in beiden Modellierungssprachen erstellt und in das Modell des entkoppelten Mehrleitersystems eingefügt. Zur Veranschaulichung wird in Abbildung 1 beispielhaft das Dreileitersmodell gezeigt, da es das einfachste Mehrleitersystem ist, welches aber bereits alle nötigen Modellierungseigenschaften eines beliebig großen Mehrleitersystems aufweist.

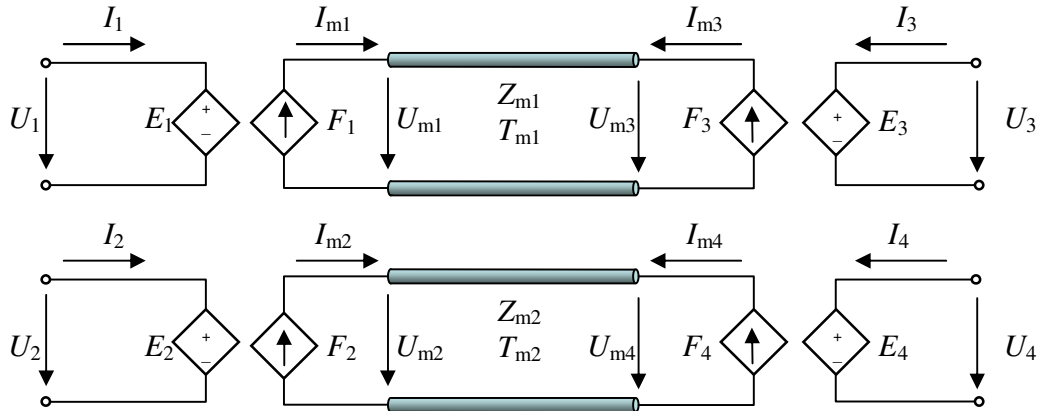


Abbildung 1: Ersatzschaltbild des entkoppelten Dreileitersystems

Zur Verifikation der Simulationsergebnisse wurde ein Leitersystem mit einer für den Serieneinsatz vorgesehenen FlexRay-Leitung aufgebaut und messtechnisch untersucht. Für die Simulation notwendige Parameter, wie Leitungsbeläge und Signallaufzeit werden entsprechend der Geometrie und den Materialien des Aufbaus berechnet und in die Modelle eingegeben. Die Mess- und Simulationsergebnisse sind in Abbildung 2 gegenübergestellt und zeigen eine gute Übereinstimmung.

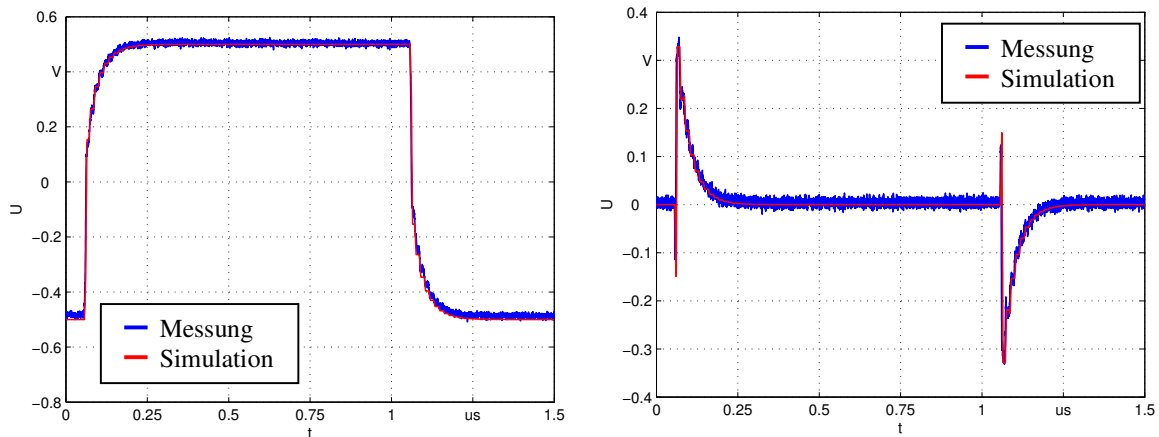


Abbildung 2: Vergleich der Simulations- und Messergebnisse einer FlexRay-Leitung

Literatur

- [1] Clayton R. Paul: Analysis of Multiconductor Transmission Lines, John Wiley & Sons, 1994
- [2] VDA/FAT-Arbeitskreis 30; <http://fat-ak30.eas.iis.fraunhofer.de>
- [3] Modelica Association; <http://www.modelica.org>