

Entwicklung und Implementierung einer Zustandsraum-Blockdiagramm-Algebra in SageMath/SymPy

Masterarbeit im Bereich Systemtheorie



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

Dominik Stolte • S3|21/202

dominik.stolte@tu-darmstadt.de

Hintergrund:

Die Verknüpfung von Systemen im Zustandsraum ist ein zentrales Thema in der Systemtheorie. Obwohl die mathematischen Grundlagen in der Lehre vermittelt werden, ist die praktische Anwendung oft mit manuellen Aufwand verbunden. Selbst mit Tools wie SageMath, MathCAD oder SymPy erfordert die Herleitung von Rückkopplungsoperationen oder komplexen Verknüpfungen mehrere Seiten Rechnungen.

In nicht-symbolischen Programmen wie MATLAB Simulink werden diese Verknüpfungen implizit durchgeführt. Für die explizite Modellierung, Analyse und Simulation fehlt jedoch eine formalisierte, symbolische Algebra, die beliebige A, B, C, D-Matrizen und u, x, y-Vektoren verarbeiten kann. Diese Lücke soll in dieser Masterarbeit geschlossen werden.

Ziel:

Ziel dieser Arbeit ist die mathematische Formalisierung und programmatische Implementierung einer Zustandsraum-Blockdiagramm-Algebra in SageMath oder SymPy. Die Algebra soll es ermöglichen, Systeme im Zustandsraum beliebig zu verknüpfen, zu analysieren und zu simulieren. Besonderes Augenmerk liegt auf der Berücksichtigung von Sonderfällen wie partieller Rückkopplung oder unterschiedlicher Vektoranordnungen.

Am Ende soll ein selbstständiges, dokumentiertes und getestetes Programmpaket stehen, das in bestehende Arbeitsabläufe integriert werden kann.

Aufgaben:

- Formalisierung: Mathematische Definition der Algebra für Zustandsraum-Systeme, inklusive:
 - Verknüpfungsoperationen (Reihen-, Parallelschaltung, Rückkopplung)
 - Neutrale Elemente für Serien- und Parallelverbindungen
 - Behandlung von Sonderfällen (z. B. partielle Rückkopplung, unterschiedliche Vektordimensionen)
- Implementierung: Programmierung der Algebra in SageMath oder SymPy
- Integration: Anbindung an bestehende Tools und Validierung der Implementierung durch Beispiele.
- Dokumentation: Ausführliche Beschreibung der Algebra, der Implementierung und der Anwendungsbeispiele in der Masterarbeit.

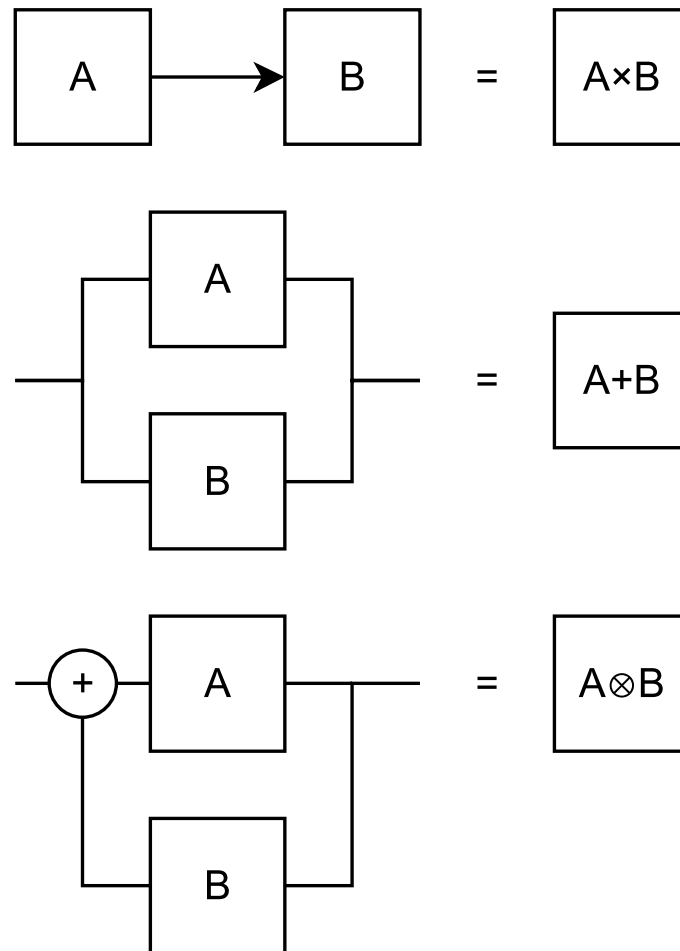


Figure 1: Operatoren

Anforderungen:

- Mathematische Kenntnisse: Sichere Beherrschung der Linearen Algebra und Systemtheorie (Zustandsraumdarstellung, Blockdiagramme).
- Programmierkenntnisse: Gute Kenntnisse in Python, idealerweise Erfahrung mit SymPy oder SageMath.
- Git: Sichere Nutzung von Git (oder die Bereitschaft, es zu lernen), um Code-Änderungen nachvollziehbar zu gestalten.
- Erfahrungen mit Textsatzsystemen wie Latex oder Typst, oder die Bereitschaft den Umgang zu lernen.

Betreuung:

Die Arbeit wird eng betreut und bietet die Möglichkeit, praktische Erfahrungen in den Bereichen **Systemtheorie** und **Elektronik** zu sammeln. Die Betreuung wird über das Versionskontrollsystem transparent durchgeführt. Alle Probleme, die der Betreuung auffallen, werden in einem Issue Tracker dokumentiert. Der Fortschritt kann so über die gesamte Zeit dokumentiert werden. Bei Interesse bitte eine [kurze E-Mail](#) mit Notenauszug und einer kurzen Motivation (max. 1 Seite) an die angegebene Adresse senden. Gerne können Sie bereits erste Ideen oder Fragen zum Thema einbringen!
