

Implementation von Reglern hoher Systemordnung

Diplomanden



Tobias Rickenbacher



David Hugentobler

Einleitung: In dieser Arbeit sollen verschiedene Realisierungen von Systemen höherer Ordnung numerisch und laufzeittechnisch analysiert werden. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Zustandsraumdarstellung mit der Systemmatrix in Tridiagonalform gelegt. Ziel dieser Arbeit ist es, eine Systemform zu finden, die sowohl numerisch stabil ist als auch schnell auf einem Mikrocontroller berechnet werden kann.

Vorgehen: Für die Untersuchung der numerischen Genauigkeit wurden die Modal-, Schur-, Blockdiagonal-Schur-, Hessenberg-, Tridiagonal-, Regelungs- und Beobachtungsnormalform sowie die balancierte Realisierung ausgewählt. Diese wurden in MATLAB mit den Zahlenformaten double- und single-precision, fixed-point 32 Bit und fixed-point 16 Bit implementiert und miteinander verglichen. Für die Laufzeitmessung wurde ein ausgewähltes System in den verschiedenen Zustandsraumdarstellungen auf einem Mikrocontroller der STM32-Familie implementiert. Dabei wurde die eigene Implementierung mit Bibliotheken von ARM und Eigen verglichen.

Um die Ergebnisse greifbarer zu machen, wurde ein Demonstrator erstellt. Er besteht aus zwei Nucleo-64-Boards, die vom Signalgenerator des Oszilloskops ein Rechtecksignal erhalten. Auf jedem dieser Boards ist ein anderer Systemtyp implementiert. Nach der Verarbeitung werden die Ausgangssignale ebenfalls mit dem Oszilloskop gemessen.

Ergebnis: Es zeigte sich, dass es einen Kompromiss zwischen numerischer Genauigkeit und Laufzeit gibt. Die untersuchten Systeme waren nicht gleichzeitig schnell und numerisch stabil. Die numerisch genauesten Systemformen erwiesen sich als Modal-, Blockdiagonal-Schur- und Schur-Form. Die

Laufzeitanalyse zeigte, dass Systeme mit wenigen Einträgen in der Systemmatrix am schnellsten sind. Nimmt man diese beiden Ergebnisse zusammen, so erweisen sich im allgemeinen Fall die Modalform und die Blockdiagonal-Schur-Form als am besten. Die Tridiagonalform schnitt bei der numerischen Genauigkeit schlecht ab. Sie gehört jedoch zu den schnellsten in Bezug auf die Laufzeit.

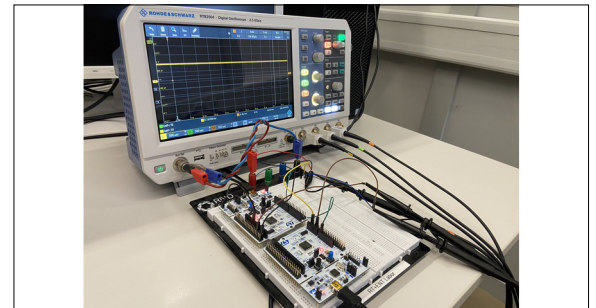
Tridiagonalform der Systemmatrix

Eigene Darstellung

$$A = \begin{bmatrix} a_1 & b_1 & & & \\ c_1 & a_2 & b_2 & & \\ & c_2 & \ddots & \ddots & \\ & & \ddots & \ddots & b_{n-1} \\ & & & c_{n-1} & a_n \end{bmatrix}$$

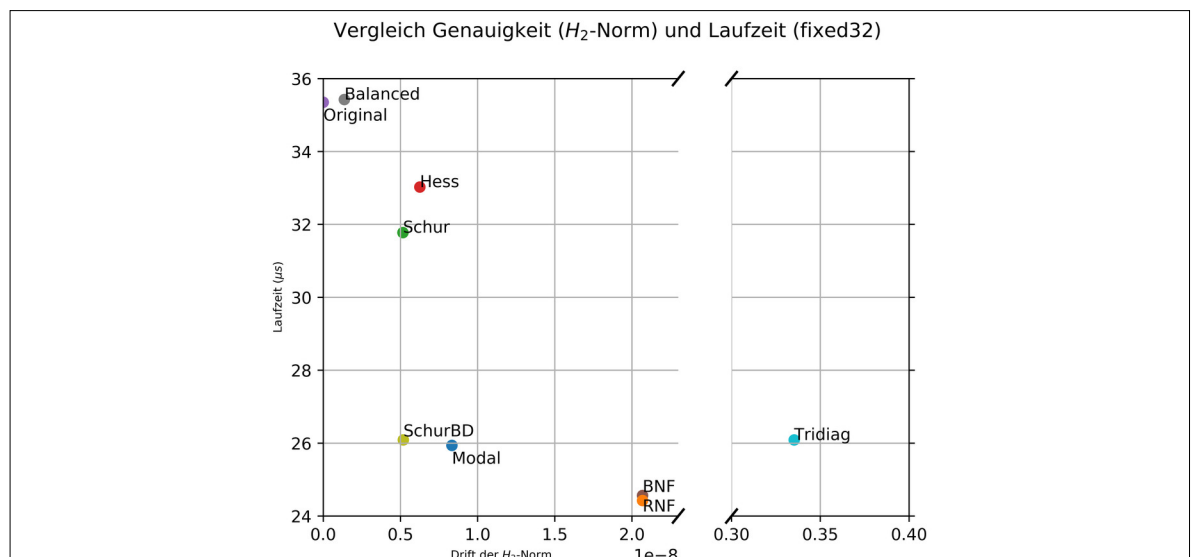
Der Demonstrator

Eigene Darstellung



Laufzeit vs Genauigkeit

Eigene Darstellung



Referent

Prof. Michael Hubatka

Korreferentin

Dr. Antje Rey, E. Blum & Co. AG, Zürich, ZH

Themengebiet
Regelungstechnik /
Control Theory