

## 8. Zusammenfassung und Ausblick

Ziel der Arbeit war es, theoretische Grundlagen der Dynamik digitaler CMOS-Gatter zu erschließen. Es gelang, anhand des Exponentialmodells des MOS-Transistors und insbesondere anhand der geschlossenen, statischen Transfercharakteristik des Gatters nachzuweisen, daß Möglichkeiten existieren, das statische Gatterverhalten in geschlossener, analytisch verwertbarer Form zu modellieren, wenngleich es noch nicht gelang, aus der Gatterstatik durch Aufstellen einer entsprechenden Differentialgleichung die Gatterdynamik analytisch herzuleiten.

Um Aussagen zum Wesen der Gatterdynamik und somit zur Lösung genannter Differentialgleichung Aussagen zu erhalten, wurden Flankenformen untersucht. Eine nach dem zweiten Glied abgebrochene Taylorentwicklung erwies sich als wertvolles Hilfsmittel zur Charakterisierung digitaler Flanken.

Mit der Taylorentwicklung der digitalen Flanke wurde es möglich, ein Axiomensystem aufzustellen, das es gestattet, digitale Baugruppen analytisch zu untersuchen.

Es gelang, verallgemeinerbare Charakteristiken der Baugruppen als Schnittstellenparameter anzugeben.

Eine auf der Basis des Axiomensystems der elektronischen Schaltungstechnik durchgeführte Analyse von Grenzwerten der Gatterdynamik erbrachte wesentliche Zuordnungen zwischen statischen Gatterkenngrößen und dynamischen Gattereigenschaften. Zur Verifikation der theoretisch hergeleiteten, dynamischen Gattereigenschaften wurde ein Darstellungsmedium, das dynamische Transferkennlinienfeld (DTKF) des Gatters erarbeitet.

Unter Beachtung der Axiome der Gatterdynamik wurde es möglich, das DTKF ausgewählter Gatter aus numerischen Simulationen des Gatters aufzustellen.

Eine Normierung des DTKF zeigte an, daß die Gatterdynamik eines Gattertyps gleicher Breitenverhältnisse der Transistoren von p- und n-Kanal-Zweig nahezu unabhängig von der Wahl der Absolutbreiten der Transistoren der Zweige und unabhängig von der Wahl des Lastfaktors bzw. der Lastkapazität in Kennlinienform angebbar ist.

Um Hinweise auf das Wesen der Lösung einer Gatterdifferentialgleichung zu erhalten, wurde ein lineares Verzögerungsmodell des Gatters mit den Mitteln der linearen Systemtheorie untersucht.

Ein Vergleich der Untersuchungsergebnisse mit dem zu erwartenden DTKF erbrachte eine prinzipielle Nichteignung des linearen Verzögerungsmodells zur Beschreibung der Gatterdynamik.

Wesentlichstes Ergebnis der Arbeit stellt das dynamische Transferkennlinienfeld dar. Es gestattet erstmalig, die Gatterdynamik in geschlossener Form darzustellen.

Mit dem dynamischen Transferkennlinienfeld und unter Beachtung des vektoriellen Charakters digitaler Flanken wird es möglich, die Verifikation höchstintegrierter Schaltkreise wesentlich zu verbessern.

Für die Zukunft bleibt die Aufgabe, ein geeignetes Modell der Gatterstatik zu bestimmen, dessen allgemeine Lösung im Zeitbereich die Gatterdynamik analytisch erschließt, bestehen.