

Dipl.-Ing. Lars Hedrich, Burgdorf

Ansätze zur formalen Verifikation analoger Schaltungen

Reihe **20**: Rechnerunterstützte
Verfahren

Nr. **257**

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Entwurfsraum.....	2
1.2 Entwurfsvorgänge	4
1.3 Motivation und Ziele der Arbeit	6
2 Analyse analoger Schaltungen	9
2.1 Schaltungsdarstellung.....	9
2.2 Simulation.....	17
2.3 Symbolische Analyse	20
2.4 Formale Verifikation	23
2.4.1 Digitale Schaltungen.....	25
2.4.2 Analoge Schaltungen	27
3 Formale Verifikation linearer analoger Schaltungen	30
3.1 Übertragungsfunktionen mit Nominalparametern	32
3.2 Intervallarithmetik.....	35
3.3 Übertragungsfunktionen mit Intervallparametern.....	37
3.3.1 Einschließung parametrierter Kurven.....	39
3.3.2 Äußere Einschließung komplexer Lösungsbereiche	42
3.3.2.1 Intervallaufteilung	42
3.3.2.2 Randberechnung.....	45
3.3.3 Innere Einschließung komplexer Lösungsbereiche.....	50
3.3.4 Berücksichtigung des Frequenzintervalls	53
3.3.5 Gesamtverfahren.....	56
3.3.5.1 Laufzeitbedarf	57
3.3.5.2 Aussagen und Ergebnis des Algorithmus	58
3.3.6 MIMO-Systeme	58
3.4 Implementierung	60
3.5 Ergebnisse.....	61
3.5.1 Operationsverstärker	62
3.5.2 Bandpaß.....	67
3.5.3 Überschätzung und Komplexität	70
3.6 Bewertung.....	72

4 Formale Verifikation nichtlinearer analoger Schaltungen	74
4.1 Zustandsraumdarstellung	75
4.2 Verifikation von Zustandsraumbeschreibungen	78
4.2.1 Nichtlineare Abbildung von Zustandsraumbeschreibungen	79
4.2.2 Abtastung des virtuellen erweiterten Zustandsraums	82
4.2.3 Lineare Abbildung	85
4.2.4 Anpassung des Arbeitspunktes	89
4.3 Laufzeitbedarf	91
4.4 Bestimmung einer transienten Erregung	92
4.5 MIMO-Systeme.....	97
4.6 Gegenüberstellung zu traditionellen Verfahren	97
4.7 Ergebnisse	99
4.7.1 CMOS-Inverter	99
4.7.1.1 Eingangserregungsbestimmung	100
4.7.1.2 Komplexität.....	103
4.7.2 Bandpaß.....	104
4.7.3 Schmitt-Trigger	106
4.7.4 Zusammenfassung.....	107
4.8 Bewertung und Ausblick	108
5 Formale Verifikation im Entwurfsprozeß	111
6 Zusammenfassung	115
Anhang A: Überführung eines linearen Algebro-Differentialgleichungssystems	
1. Ordnung in eine explizite Zustandsraumdarstellung	117
Literaturverzeichnis	121