

Diss. ETH No. 7797

Contributions to the Analysis and Design of Switched-Capacitor Networks

A dissertation submitted to the  
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
ZURICH  
for the degree of  
Doctor of Technical Sciences

presented by

Erdem Hökenek  
Dipl. El.-Ing. I.T.U.  
born on 12th September 1953  
citizen of Turkey

accepted on the recommendation of  
Prof. Dr. G.S. Moschytz, examiner  
Prof. Dr. W. Guggenbühl, co-examiner

1985

## ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Dissertation werden verschiedene Beiträge zur Analyse und Synthese von Netzwerken mit geschalteten Kapazitäten vorgestellt.

Ausgehend von den Resultaten der Knotenladungs- und Viertor-Analyse wird eine allgemeine Unbestimmte Admittanz-Matrix (UAM)-Methode für die Analyse von SC Netzwerken entwickelt. Dieses Verfahren kann zur Modifizierten Knotenanalyse erweitert werden, die sich sehr gut zur computergestützten Analyse von aktiven SC Netzwerken eignet. Ausserdem werden die Signal-Fluss-Diagramme (SFD), welche die Synthese der SC Netzwerke wesentlich unterstützen, kurz behandelt.

Basierend auf der Verknüpfung von Transkonduktanz Grundbausteinen zwischen den Spannungsquellen und virtuellen Massen wird eine allgemeine Methode zur Synthese der streu-insensitiven SC Filter erster und zweiter Ordnung präsentiert. Die resultierenden Strukturen realisieren alle möglichen Uebertragungsfunktionen in der zeitdiskreten Ebene. Um die Grundstrukturen und deren modifizierte Versionen zu unterscheiden, wird eine rückkopplungsorientierte Klassifizierung eingeführt. Anschliessend werden Kriterien für die Realisierung von Strukturen mit Minimum-Sensitivität-Eigenschaften vorgestellt.

Die Dissertation schliesst ab mit der Beschreibung der Synthese von streu-insensitiven SC Kettenfiltern. Diese Schaltungen werden durch die bilineare Transformation von den analogen LC Modellen hergeleitet. Dieses Verfahren basiert auf den Signal-Fluss-Diagrammen in der zeitdiskreten Ebene. Zusätzlich werden Schaltungsbeispiele und deren experimentelle Resultate präsentiert.

## ABSTRACT

In this thesis, several contributions to the analysis and design of switched-capacitor (SC) networks are presented.

Starting out from the results of the nodal-charge and four-port analysis, a general indefinite admittance matrix (IAM) method for the analysis of SC networks is developed which uses the 4-terminal admittance matrix of a capacitor in SC networks. This procedure can easily be extended to the modified nodal analysis (MNA) which is suitable for the computer-aided analysis of active SC networks. In addition, the Signal-Flow Graph (SFG) concept which significantly contributes to the synthesis of SC networks is briefly reviewed.

Based on the connection of Basic Transconductance Blocks between independent or controlled voltage sources and virtual ground, a general-purpose design technique for the parasitic-free realization of first- and second-order SC building blocks is presented. The resulting network topologies are general, stray-insensitive, and provide all possible discrete-time transfer functions. In order to distinguish the fundamental structures and modifications thereof, a feedback-oriented classification is introduced. It is shown that SC biquads can be divided into two major classes, Negative Feedback (NF) and Positive Feedback (PF). Subsequently, criteria for the design of minimum-sensitivity structures are also presented.

Finally, a method for the design of parasitic-insensitive SC ladder filters is described. The filters are derived from analog LC prototypes using the bilinear z-transform. The method is based on the SFG concept in the discrete-time domain. In addition, some explicit design examples and experimental results are demonstrated.