

Diss. ETH
Diss. ETH No. 8969, *ex. A*

Charge Injection in MOS- Integrated Sample-and-Hold and Switched-Capacitor Circuits

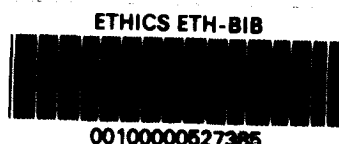
A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZURICH

for the degree of
Doctor of Technical Sciences

presented by
CHRISTOPH EICHENBERGER
dipl. El.-Ing. ETH
born December 17, 1958
citizen of Berne, Burgdorf, and Beinwil am See

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. W. Guggenbühl, examiner
Prof. Dr. W. Bächtold, co-examiner

1989



Cat E

Abstract

This thesis presents different aspects of charge injection (clock-feedthrough, CLFT) in MOS sample-and-hold (S&H) and switched-capacitor (SC) circuits.

In the beginning of this work a CLFT model known in the literature is introduced. From this, an analytical formula is derived, describing charge injection of a single transistor switch in a basic S&H configuration. Extensions are made to include the signal dependency of CLFT and to improve the accuracy of the model for small transistor dimensions. Furthermore, charge injection is represented as a function of basic design parameters of a S&H circuit. Charge compensation using “dummy switches” is thoroughly investigated. Design rules for the dummies are given for different operation modes. Complementary switches are analyzed with respect to charge injection and design formulae are developed for the estimation of their residual clock-feedthrough. Measurements of specific custom-integrated circuits are presented to validate the theoretical results obtained for the analyzed switch configurations. Charge injection in a SC amplifier circuit, as well as in SC integrators commonly used in switched-capacitor filters are analyzed. The impact of various circuit parameters on CLFT is shown quantitatively and qualitatively. Basic differences concerning charge injection between the considered circuit topologies are presented and recommendations are given for improvements.

Further, the design of an experimental test-chip is described, and test procedures are presented. Finally, a determination method of the relevant model parameters is discussed.

Keywords. clock-feedthrough, charge injection, charge cancellation, charge pumping, analog switch, complementary switch, dummy switch, sample-and-hold, switched-capacitor, switched-capacitor integrator, correlated double sampling, A/D converter, operational transconductance amplifier, circuit simulation, device modeling, parameter determination, MOS, VLSI

Kurzfassung

Diese Dissertation behandelt verschiedene Aspekte von Ladungsinjektion (Taktübersprechen, CLFT) in MOS Abtast- und Haltekreisen (S&H) und in Schaltungen mit geschalteten Kapazitäten (SC).

Zu Beginn dieser Arbeit wird ein in der Literatur bekanntes CLFT-Modell beschrieben. Mit Hilfe dieses Modells wird eine analytische Formel hergeleitet, welche die Ladungsinjektion eines Einfachschalters in einer Grund-S&H-Schaltung beschreibt. Mit einer Modellerweiterung wird die Signalabhängigkeit des CLFT berücksichtigt und eine höhere Modellgenauigkeit bei kleinen Transistorgrößen erreicht. Zusätzlich wird die Ladungsinjektion als Funktion von Grundentwurfsgrößen einer S&H-Schaltung dargestellt. Die Ladungskompensation mit 'Dummy'-Schaltern wird eingehend behandelt, und es werden Regeln für deren Entwurf bei verschiedenen Betriebsmodi hergeleitet. Ferner werden komplementäre Schalter untersucht und Entwurfsformeln zum Abschätzen des Taktübersprechens angegeben. Zur Verifikation der theoretischen Ergebnisse werden Messresultate an speziell dafür hergestellten integrierten Schaltungen gezeigt.

Es werden Ladungsinjektionen in einer SC-Verstärkerschaltung sowie in SC-Integratoren, welche häufig in SC-Filtern verwendet werden, analysiert. Sowohl quantitativ als auch qualitativ werden die Einflüsse von verschiedensten Schaltungsparametern auf das Verhalten des Taktübersprechens untersucht. Die grundsätzlichen Unterschiede bezüglich CLFT zwischen den untersuchten Schaltungstopologien werden aufgezeigt und Verbesserungen vorgeschlagen.

Ferner wird der Entwurf eines Test-Chips und der Messablauf beschrieben. Zum Schluss wird eine Bestimmungsmethode für die relevanten Modellparameter diskutiert.

Stichworte. Taktübersprechen, Ladungsinjektion, Ladungskompensation, 'charge pumping', analoger Schalter, komplementärer Schalter, 'Dummy'-Schalter, Abtast- und Haltekreis, 'switched-capacitor', 'switched-capacitor integrator', 'correlated double sampling', A/D-Wandler, 'operational transconductance amplifier', Schaltungssimulation, 'device modeling', Parameterbestimmung, MOS, VLSI