

Título: Conversão Analógica-Digital de Integração de Alta Velocidade

Title: *High Speed Integrating Analog-to-Digital Conversion*

Autor/Author: José Luis Vieira Cura

Orientador/Advisor: Dinis Magalhães dos Santos

Data Apresentação/Acceptance Date: 03/02/99

Palavras Chave: Conversão A/D, Circuitos CMOS, Conversão tensão-tempo, Conversão tempo-digital

Key Words: *A/D conversion, CMOS circuits, Voltage-to-Time conversion, Time-to-Digital conversion*

Doutoramento/Ph.D.

Resumo

A conversão de sinais analógicos numa forma digital assume um papel fundamental na interface entre o mundo real e os sistemas de processamento e armazenamento de informação. Nos últimos anos a evolução verificada na área da microelectrónica, sobretudo a registada a nível das tecnologias de circuito integrado, tem permitido o aparecimento de novos tipos de conversores A/D. O baixo custo, a grande velocidade e possibilidade de integração das interfaces analógicas com circuitos de processamento de sinal possíveis com a tecnologia CMOS actual, tornam esta tecnologia especialmente atractiva para este tipo de aplicações. A realização em CMOS de conversores A/D de elevada resolução ou de elevada taxa de conversão, através de técnicas que permitam obter um maior desempenho, continua a constituir um importante desafio à investigação.

Os conversores de integração, caracterizados pela sua elevada linearidade e resolução, são um dos tipos mais simples de conversores A/D. Nestes conversores, o sinal de entrada é convertido num intervalo de tempo que é posteriormente medido por contagem do número de impulsos de relógio que cabem nesse intervalo. Limitações de natureza tecnológica impõem um limite máximo para a frequência desse relógio o que torna este tipo de conversor demasiado lento e de aplicação muito limitada.

Nesta dissertação são apresentadas algumas soluções que permitem obter uma diminuição significativa do seu tempo de conversão, sem prejuízo das suas características de elevada linearidade e resolução. Entre estas destaca-se o método de interpolação de sinais de relógio, utilizando uma cadeia de atrasos realimentada por forma a manter o sincronismo com um sinal de referência. O tempo de conversão mantém-se igual a 2^n unidades de contagem, com n o número de *bits* do conversor, mas em que esta unidade é agora da ordem do nanosegundo, correspondendo a um relógio efectivo próximo do gigahertz.

O objectivo global do trabalho consistiu na investigação e desenvolvimento de um conversor A/D de integração de alta velocidade em tecnologia CMOS, que apresentasse tempos de conversão da ordem dos poucos

microsegundos. O conversor de integração implementado permite uma extensão da sua gama de aplicação típica a circuitos de telecomunicações na gama das audio-frequências, embora a sua máxima frequência de amostragem seja significativamente superior às exigidas por este tipo de aplicação.

Abstract

Conversion of analog signals into digital form assumes a fundamental role in the interface between real world and the processing and information storage systems. In the last years, the evolution verified in the microelectronics area, namely in the integration technologies, allowed for the development of various types of A/D converters. Low cost, high speed and the possibility of integrating analog front ends, all made possible by recent CMOS technologies, have rendered this technology much preferable to these kind of applications. A major challenge to the designer has been, in recent years, achieving of high speed or high resolution A/D converters in CMOS.

The integrating-type A/D converters are the most simple A/D converters. Their main features are high linearity and resolution. In this kind of converter, the input signal is first converted into a time interval; the latter is then measured, usually by counting the number of clock periods contained in it. Technological limitations set an upper limit for the clock frequency, which in turn seriously limits the speed of this type of converters, and thus its range of applications.

This thesis introduces some techniques through which the speed of this type of converter can be significantly improved, while maintaining the desirable characteristics of high linearity and resolution. One of the most important techniques is based on clock interpolation using a delay-locked loop to maintain synchronism with a reference signal. The conversion time is still 2^n counting intervals, where n is the number of the bits, but each counting interval becomes about 1 ns, thus leading to an effective clock speed of around 1 GHz.

The global objectives of this work are the investigation and development of a high speed CMOS integrating-type A/D converter, with conversion time around a few μ s. The implemented converter can be used in telecommunications circuits in the audio-frequency range, although its application range rather exceeds the requirements for this type of application.