

A New Perspective on Analog-to-Digital Conversion of Continuous-Time Signals

A dissertation submitted to
ETH Zurich
for the degree of
Doctor of Sciences

presented by

Georg Wilckens

Master of Science ETH in Electrical Engineering and
Information Technology, ETH Zurich, Switzerland
born on April 08, 1980
citizen of Germany

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. Hans-Andrea Loeliger, examiner
Prof. Dr. Hanspeter Schmid, co-examiner

2013

Abstract

This thesis describes a new perspective on analog-to-digital conversion. An analog signal influences a linear analog system which is time-invariant between known sampling times. We sample and quantize some state variables of the analog system and possibly use them to apply control or to modify the system. Finally the quantized observations are passed to a Kalman-filter, which recovers an estimate of the input signal. We describe the general design philosophy, some approaches for the design of the analog part and the estimator. Simulations verify viability of the operations, and we demonstrate feasibility of a real system through a proof of concept hardware prototype. We give illustrating examples to aid transfer of theory to application.

Keywords: analog-to-digital conversion; oversampling converter; estimation; Kalman filter; factor graph.

Kurzfassung

Diese Arbeit zeigt eine neue Perspektive auf Analog-Digital-Wandler. Ein analoges Signal trifft auf ein analoges System, das zwischen bekannten Abtastzeiten zeitinvariant ist. Wir tasten Zustände des analogen Systems ab und quantisieren, manche Werte benutzen wir zur Regelung oder als Entscheidungsgrundlage, um das System zu verändern. Schliesslich werden die quantisierten Beobachtungen einem Kalman-Filter übergeben, das Schätzungen des Eingangssignals berechnet.

Wir beschreiben die grundsätzliche Designidee, einige Ansätze zur Realisierung des analogen Systems und des Schätzers. Simulationen bestätigen die Durchführbarkeit, und wir zeigen die Realisierbarkeit dieser Idee durch einen einfachen Hardwareprototyp. Erläuternde Beispiele vereinfachen die Übertragung der Theorie in die Praxis.

Stichworte: Analog-Digital-Wandler; Überabtastung; Schätzung; Kalmanfilter; Faktorgraph.