



Doctoral Thesis

Realization of complex microsystems using custom microelectronics and standard components

Author(s):

Doswald, Daniel

Publication Date:

2000

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-003912273> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH No. 13664

Realization of Complex Microsystems using Custom Microelectronics and Standard Components

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZURICH

for the degree of
Doctor of Technical Sciences

presented by
DANIEL DOSWALD
Dipl. El.-Ing. ETH
born 22nd December 1971
citizen of Switzerland

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. W. Fichtner, examiner
Prof. Dr. P. Niederer, co-examiner

2000

Abstract

In this thesis, the concept, design and realization of a complex microsystem with custom electronics and standard components is described taking a digital high-resolution camera system as example. Applications of this microsystem are in the fields of machine vision or biomedicine where the integration of the camera head into the hand-piece of an endoscope is required. To satisfy the ergonomic requirements of such an instrument, small camera head dimensions are imperative. This requirement can only be fulfilled with a single CCD sensor with color filter array (CFA). Nonetheless color fidelity and resolution should approximate 3-CCD camera quality.

In addition to the higher resolution of 1024x1024 pixels the main improvement over state-of-the-art miniaturized standard video cameras is the integration of a programmable pulse generator with a resolution of 500ps, and a high-speed 400Mbit/s data and control link into one ASIC. Alternative camera head design concepts are presented and compared in this work.

The reconstruction of the RGB image from the CCD with Bayer CFA requires an extremely high computation effort if reasonable frame rates and artifact-free interpolation quality are to be achieved. These tasks are performed in the back-end with a real-time image processor ASIC. Pixelwise black-current and white-gain balancing, color space transformation, focus criterion calculation, and standard video scan conversion for documentation and storage in real-time are additional highlights of this chip.

Zusammenfassung

In dieser Dissertation wird das Konzept, der Entwurf und die Realisierung von komplexen Mikrosystemen bestehend aus kundenspezifischen integrierten Schaltungen und Standardkomponenten anhand eines hochauflösenden digitalen Kamerasystems beschrieben. Anwendungsgebiete dieses Mikrosystems sind im Bereich Machine Vision oder Biomedizin zu finden, wo in das Handstück eines Endoskops eine Kamera integriert werden muss. Um den ergonomischen Anforderungen eines solchen Gerätes gerecht zu werden, sind kleine Kamerakopf-Abmessungen unumgänglich. Diese Anforderung kann nur durch Einbau eines einzigen CCD Sensors mit Farbfilter erfüllt werden. Dennoch sollen Farbtreue und Auflösung mit 3-CCD-Kameras vergleichbar sein.

Die Hauptverbesserung gegenüber dem heutigen Stand der Technik ist zusätzlich zu der höheren Auflösung von 1024x1024 Bildpunkten die Integration eines programmierbaren Pulsegenerators mit einer Genauigkeit von 500ps und einer 400Mbit/s hochgeschwindigkeits Daten- und Steuerverbindung in einem anwendungsspezifischen Mikrochip (ASIC). Verschiedene Konzepte zum Entwurf von Kamerasystemen werden in dieser Arbeit präsentiert und verglichen.

Die Rekonstruktion des RGB Bildes von einem CCD mit Bayer Farbfilter verlangt einen extrem hohen Rechenaufwand wenn vernünftige Bildwiederholungsfrequenzen und artefaktfreie Interpolationsqualität erreicht werden sollen. Diese Berechnungen werden in Echtzeit vom entwickelten Bildverarbeitungsprozessor-ASIC in einer nachgeschalteten Einheit durchgeführt. Bildpunkt-basierte Dunkelstromkorrektur und Weissabgleich, Farbraumtransformation, Berechnung eines Autofokuskriteriums und Standardvideokonversion in Echtzeit zu Dokumentationszwecken sind weitere herausragende Merkmale.