

Efficient design space exploration for embedded systems

Doctoral Thesis

Author(s):

Künzli, Simon

Publication date:

2006

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-005210297>

Rights / license:

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

Originally published in:

TIK-Schriftenreihe 81

Diss. ETH No. 16589

Efficient Design Space Exploration for Embedded Systems

A dissertation submitted to the
SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY
ZURICH

for the degree of
Doctor of Sciences

presented by
SIMON KÜNZLI
Dipl. El.-Ing.,
Swiss Federal Institute of Technology Zürich, Switzerland
born August 4, 1975
citizen of Switzerland

accepted on the recommendation of
Prof. Dr. Lothar Thiele, examiner
Prof. Dr. Luca Benini, co-examiner

2006

Examination date: April 20, 2006

Abstract

Design space exploration is an important factor in embedded systems design. During several steps in a state-of-the-art design flow, designers have to decide between many design alternatives. The decisions are located at various levels of abstraction. In addition, the choices affect several design goals, the alternatives therefore represent a multi-criteria decision problem.

Further, the space of possible solutions is normally very large, i.e., many design alternatives exist. As a consequence, exhaustive search of the design space is prohibitive, and more sophisticated techniques have to be used to find “good” solutions. To judge the quality of a new design, the performance of a system for a given application is one core criterion. Potential performance metrics are memory demand, response time, or data throughput of an application. As a consequence, one may ask the following questions:

- How can we assess the performance of a new design for a certain application?
- How do we find new design points in the design space?
- How can we automate the design space exploration process?

In this work, we investigate several aspects of design space exploration problems and try to answer these questions. In particular, we identify and discuss the building blocks for a design space exploration framework, namely design evaluation, search strategies, and design representation. Based on these building blocks, the main contributions of this work can be described as follows:

- A new hybrid method for performance evaluation of embedded systems is presented. The new method allows the combination of existing methods for performance analysis. In particular, these methods can be analytic or simulation-based. We provide the required interfaces for this combination.

- We describe a new evolutionary multi-objective optimisation algorithm, that directly incorporates the user's preferences based on performance indicators. It is easy to use and shows superior performance on test benchmarks and on design space exploration problems.
- A novel software framework for design space exploration is presented. Using the framework we can re-use existing software blocks and need to implement only a few components that represent the specific problem.

Kurzfassung

Die Erforschung des Entwurfsraums ist eine wichtige Tätigkeit im Rahmen des Entwurfs von Eingebetteten Systemen. Wenn Systeme nach aktuellen Entwurfsabläufen entwickelt werden, müssen die Entwickler immer wieder zwischen verschiedenen Entwurfsalternativen auswählen. Diese Entscheidungen werden auf verschiedenen Abstraktionsebenen getroffen. Zusätzlich haben diese Entscheidungen Auswirkungen auf verschiedene Entwurfsziele, die Auswahl der Entwurfsalternativen stellt deshalb ein Mehrziel-Optimierungsproblem dar.

Der Entwurfsraum der möglichen Lösungen ist normalerweise sehr gross, d.h. es existieren viele verschiedene Alternativen für den Entwurf. Als Konsequenz kann nicht jede Lösung im Suchraum untersucht werden, sondern es müssen geeignete Methoden angewendet werden, um in einem Teil des Suchraumes die "guten" Lösungen zu finden. Die Performanz einer solchen Lösung für eine gegebene Anwendung ist ein Kernkriterium, um die Qualität des Systems zu ermitteln. Mögliche Metriken zur Bestimmung der Performanz sind Speicherverbrauch, Antwortzeit oder Datendurchsatz einer Anwendung.

Als Folge dieser Überlegungen kann man sich die folgenden Fragen stellen:

- Wie kann man die Performanz eines neuen Entwurfs für eine gegebene Anwendung bestimmen?
- Wie finden wir überhaupt eine neue Lösung im Entwurfsraum?
- Wie kann die Suche nach neuen Entwürfen automatisiert werden?

In dieser Arbeit untersuchen wir verschiedene Aspekte der Entwurfsraumexploration und versuchen auf die obigen Fragen Antworten zu finden. Die einzelnen Bausteine für eine automatisierte Exploration, nämlich die Evaluation einzelner Lösungen, unterschiedliche Suchstrategien und die Repräsentation der Lösungen werden vorgestellt. Basierend auf diesen Bausteinen können wir nun die Hauptbeiträge dieser Arbeit präsentieren:

- Wir präsentieren einen neuen hybriden Ansatz zur Performanz-Analyse von Eingebetteten Systemen. Die neue Methode kombiniert existierende Verfahren, insbesondere Simulation und analytische Verfahren, und beschreibt auch die notwendigen Schnittstellen zwischen diesen.
- Ein neuer evolutionärer Algorithmus für die Mehrzieloptimierung wird vorgestellt, welcher Benutzerwünsche an die Suche, ausgedrückt durch Performanz-Indikatoren, direkt berücksichtigt. Der Algorithmus ist einfach zu benutzen und liefert für Probleme, bei welchen es um die Erforschung des Entwurfsraums geht, gute Resultate.
- Wir beschreiben ein Programm-Framework, welches für die Entwurfsraumexploration verwendet werden kann. Mit dem Framework kann man schon bestehende Software-Blöcke wiederverwenden und muss nur wenige Komponenten, die das aktuelle Problem beschreiben, neu implementieren.