
Microarchitecture-Aware Whole-System Resource Analysis

Phillip Raffeck
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Mikroprozessoren auf dem heutigen Stand der Technik besitzen immer komplexere Komponenten, um die mittlere Abarbeitungszeit von Instruktionen zu beschleunigen. Die Verwendung solcher Mikroprozessoren im Bereich eingebetteter Systeme, die zeitlichen oder energetischen Beschränkungen unterliegen, birgt Herausforderungen für statische Analysemethoden zur Bestimmung des maximalen Ressourcenverbrauchs. Werden Mikroarchitekturkomponenten von solchen Analysemethoden nicht beachtet, führt das zu unnötig pessimistischen Überabschätzungen des maximalen Ressourcenverbrauchs. Statische Analysemethoden sind allerdings ein wichtiger Bestandteil von Entwicklungszyklen, um sicherzustellen, dass die zeitlichen und energetischen Vorgaben unter allen Umständen eingehalten werden oder zumindest ein sicherer Zustand erreicht werden kann. Eine geringe Qualität der Analyseergebnisse hat daher negative Auswirkungen auf den gesamten Entwicklungszyklus.

Der Einfluss der Mikroarchitektur auf den Ressourcenverbrauch zeigt sich auf zwei Arten. Zum einen beeinflusst die Mikroarchitektur direkt die momentan in Ausführung befindliche Aufgabe. Schließlich besteht der Daseinszweck verschiedener Mikroarchitekturbestandteile wie Zwischenspeicher oder Fließbandverarbeitung darin, die Abarbeitung von Befehlen zu beschleunigen. Zum anderen werden Aufgaben allerdings ebenso durch andere Aufgaben des Systems sowie Unterbrechungsbehandlungsroutinen beeinflusst. Wenn diese die Ausführung der aktuellen Aufgabe unterbrechen, verändern sie durch ihre eigene Abarbeitung den Zustand der Mikroarchitektur und beeinflussen damit die Ausführung der verdrängten Aufgabe.

Diese Arbeit geht die beschriebene Problematik an und stellt Möglichkeiten zur statischen mikroarchitektur- und systemgewahren Analyse des maximalen Ressourcenverbrauchs bereit. Die in dieser Arbeit vorgestellten Ansätze beachten sowohl den Einfluss der Mikroarchitektur auf die isolierte Ausführung einer Aufgabe als auch die Verzögerungen, die eine Aufgabe wegen der Veränderung des Mikroarchitekturzustands durch verdrängende Aufgaben erfährt. Damit stehen Möglichkeiten zur Verfügung, die maximale Antwortzeit einer Aufgabe sowie den maximalen Energieverbrauch bis zur Antwort unter Berücksichtigung der Mikroarchitektureinflüsse zu bestimmen.

Die vorgestellten Verfahren wurden in das quelloffene Analysewerkzeug PLATIN als Erweiterung der SysWCET- und SysWCEC-Ansätze für die Entwicklungsplatine Infineon XMC4500 integriert. Die erzielten Ergebnisse weisen substantielle Verbesserungen durch das Gewährsein der Mikroarchitektur. Sie bestätigen die allgemeine Verwendbarkeit des Ansatzes, um mikroarchitektur- und systemgewahrene Analysen des maximalen Ressourcenverbrauchs durchzuführen.