

Dynamic Voltage and Frequency Scaling

Silvio Nießner

Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst (HAWK) Göttingen



Introduction

Energiespartechniken von Recheneinheiten

Überblick

- Übersicht „Dynamic Voltage and Frequency Scaling“
- Leistung einer Recheneinheit
 - Dynamische Frequenz
 - Dynamische Spannung
- Spannung und Frequenz
- DVFS
- Einsparmöglichkeiten
- Trends

Übersicht „Dynamic Voltage and Frequency Scaling“

- Was?

Technik zum Energiesparen

- Warum?

Begrenzte Energieressourcen

- Wo?

Recheneinheiten wie CPUs, GPUs

- Wie?

.....

Leistung einer Recheneinheit

$$P_{ges} = P_{const.} + P_{var.}$$

Leistung einer Recheneinheit (dynamisch)

$$P_{var.} = A * C * V^2 * f$$

Diagram illustrating the dynamic power consumption formula:

- Capacitance** (C) is indicated by a downward arrow.
- Clock Frequency** (f) is indicated by a downward arrow.
- Switching Aktivität** (A) is indicated by an upward arrow.
- Supply Voltage** (V) is indicated by an upward arrow.

Dynamische Frequenz

- Übertakten (Overclocking)
- Untertakten (Underclocking)

$$P_{var.} = A * C * V^2 * f$$

Clock Frequency



Dynamische Spannung

- Übertolten (Overvolting)
- Untertolten (Undervolting)

$$P_{var.} = A * C * V^2 * f$$



Supply Voltage

Dynamische Frequenz (Übertakten/ Overclocking)

- Was?

Frequenzerhöhung über Herstellerangaben

- Warum?

Leistungssteigerung

- Folgen?

+

Beschleunigung

-

Erhöhung Stromverbrauch & Temperatur, Instabilität möglich

Dynamische Frequenz (Untertakten/ Underclocking)

- Was?

Frequenzverringierung unter Herstellerangaben

- Warum?

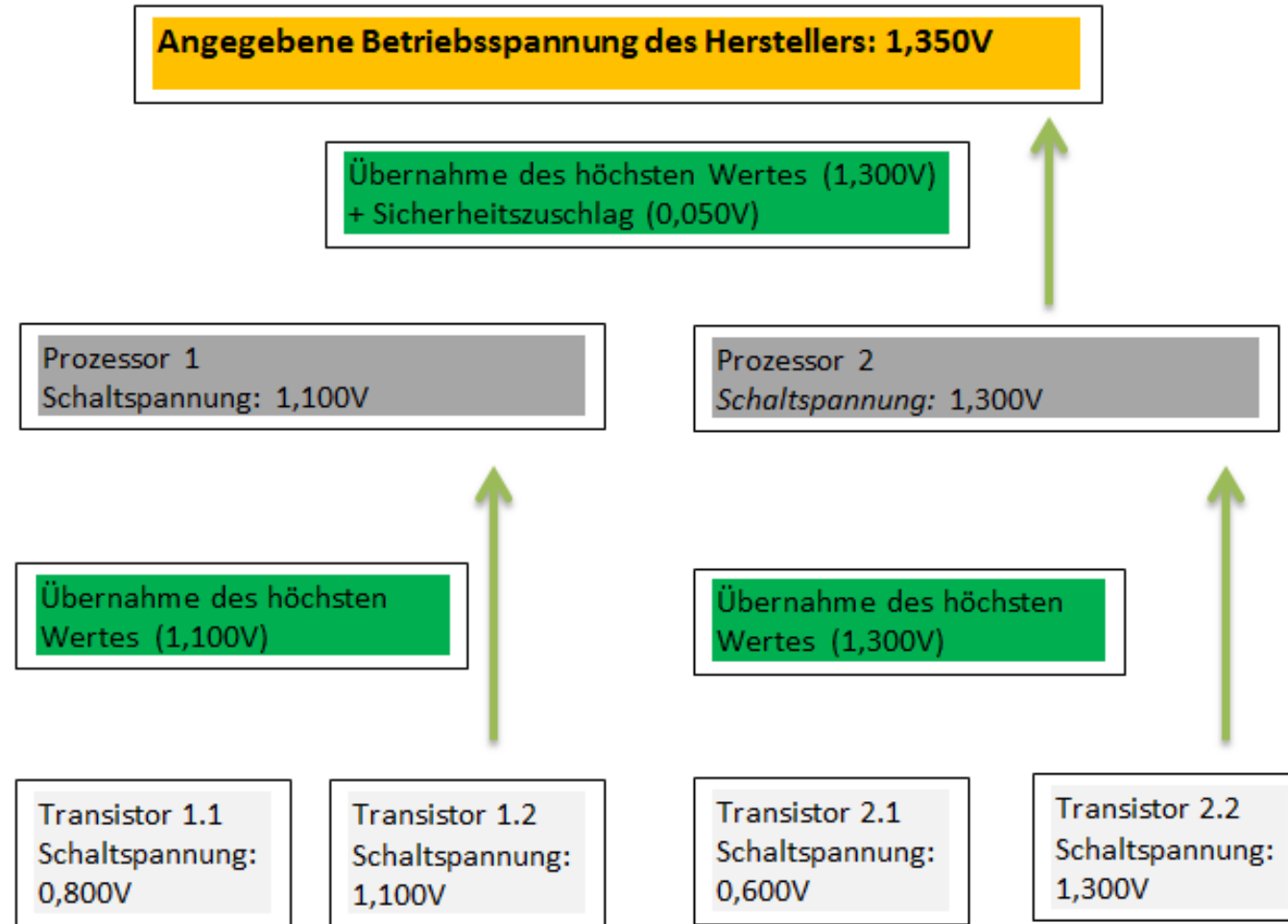
Energieeinsparung (linear)

- Folgen?

+ Reduzierung Stromverbrauch & Temperatur, Stabilisierung

- Verlangsamung

Dynamische Spannung (Herstellerangaben)



Dynamische Spannung (Übervolten/ Overvolten)

- Was?

Spannungserhöhung über Herstellerangaben

- Warum?

Stabilisierung beim Übertakten

- Folgen?

+

Stabilisierung

-

Erhöhung Stromverbrauch & Temperatur

Dynamische Spannung (Untervolten/ Undervolting)

- Was?

Spannungsverringering unter Herstellerangaben

- Warum?

Energieeinsparung (quadratisch)

- Folgen?

+

Reduzierung Stromverbrauch & Temperatur

-

Instabilität möglich

Zusammenspiel: Spannung und Frequenz

- Untertackten (Underclocking)
- Untervolten (Undervolting)

linear

quadratisch

Clock Frequency

$$P_{var.} = A * C * V^2 * f$$

Supply Voltage

Zusammenspiel: Spannung und Frequenz

- Folgen Untervolten (Undervolting):

- + Reduzierung Stromverbrauch & Temperatur
- Instabilität möglich

- Folgen Untertakten (Underclocking):

- + Reduzierung Stromverbrauch & Temperatur, Stabilisierung
- Verlangsamung

Dynamic Voltage and Frequency Scaling

- Veränderung **Spannung und Frequenz**
- Leistungsanpassung:
Gezielte Spannungs- & Frequenzanpassung
- Energieeinsparung:
Untervolten (Undervolting) + Untertakten (Underclocking)

Dynamic Voltage and Frequency Scaling (Software)

- Wie?

.... Vorhersage Rechenauslastung auf Basis der vergangenen Perioden

-> Spannungs- & Frequenzanpassung an benötigte Rechenleistung

- Folgen:

Verlangsamung bei Spannungsreduktion

Dynamic Voltage and Frequency Scaling (Hardware)

- Wie?

.... „Spannungsinself“ On-Chip voltage islands

kritische Bereiche -> höhere Spannung

- Folgen:

Signalanpassungen nötig, Verlangsamung bei geringerer Spannung

Dynamic Voltage and Frequency Scaling

- Herausforderung:
Keine merkbare Verlangsamung
- Geglättete Berechnung

$$t = k * C * \frac{V_{dd}}{(V_{dd} - V_t)^2}$$

Dynamic Voltage and Frequency Scaling

46,5%

Einsparungsmöglichkeit

46,5%

Trends

- Verkleinerung Transistoren
- Leistungssteigerung
- $P_{var.} = A * C * V^2 * f$



Institut für Mikroelektronische Systeme



Das *Moore-Paper* 1965



The experts look ahead

Cramming more components onto integrated circuits

With unit cost falling as the number of components per circuit rises, by 1975 economics may dictate squeezing as many as 65,000 components on a single silicon chip

By Gordon E. Moore

Director, Research and Development Laboratories, Fairchild Semiconductor division of Fairchild Camera and Instrument Corp.

Verdopplung der
#Transistoren/Chip
in jeweils
ca. 18 Monaten

The future of integrated electronics is the future of electronics itself. The advantages of integration will bring about a proliferation of electronics, pushing this science into many new areas.

Integrated circuits will lead to such wonders as home computers—or at least terminals connected to a central computer—automatic controls for automobiles, and personal portable communications equipment. The electronic wrist-watch needs only a display to be feasible today.

But the biggest potential lies in the production of large

machine instead of being concentrated in a central unit. In addition, the improved reliability made possible by integrated circuits will allow the construction of larger processing units. Machines similar to those in existence today will be built at lower costs and with faster turn-around.

Present and future

By integrated electronics, I mean all the various technologies which are referred to as microelectronics today as well as any additional ones that result in electronics func-

09.05.2014

© Institut für Mikroelektronische Systeme, Leibniz Universität Hannover, Vervielfältigung nur mit schriftlicher Genehmigung

Seite 6