

Low Power Design

Gedächtnisprotokoll vom 27.07.2018

Note: 1,0

1 Warum Low Power?

Henkel: Warum macht man low power?

Ich: Um die 4 Ziele zu verfolgen:

1. Der Umwelt zu Liebe
2. Um die Gap zwischen den nicht-mitskalierenden Batterien zu minimieren, damit ein Laptop keinen 30kg Akku benötigt
3. Um thermische Effekte durch Abwärme zu reduzieren, damit sich der Nutzer nicht bei einer Betriebstemperatur von 60°C die Hand verbrennt
4. Und zuletzt: Dependability. Man will Langlebigkeit der Chips erhalten.

2 Dennard Scaling

Henkel: Können Sie mir etwas zum Dennard Scaling sagen?

Ich: Das Dennard Scaling besagte einst, dass die Energiedichte auf einem Chip konstant bleibt.

Henkel: Können Sie mir das mal anhand der Formel für die Leistungsaufnahme eines Chips erklären?

Ich: $P = P(\text{switching}) + P(\text{leakage}) + P(\text{short-circuit}) + P(\text{static})$. Hierbei lassen sich die Faktoren des Dennard Scaling direkt auf die Faktoren des Summanden $P(\text{switching})$ übertragen: $P(\text{switching}) = \frac{1}{2} \cdot C \cdot V_{dd}^2 \cdot N \cdot f$. Hierbei ist bei gegebenem Skalierungsfaktor S die zu ladende Kapazität einer Schaltung um den Faktor $\frac{1}{S}$ gefallen, die Frequenz um $\frac{1}{S^2}$, die Anzahl an zu ladenden Leitungen pro Zyklus um S^2 gestiegen und die Frequenz um S . Wenn man das alles, so wie in der Formel für $P(\text{switching})$ ausmultipliziert, kommt 1 heraus.

Henkel: Welcher der Faktoren ist denn am größten?

Ich: $P(\text{switching})$. $P(\text{static})$ ist 0. $P(\text{leakage})$ und $P(\text{short-circuit})$ kann man vernachlässigen.

Henkel: So? kann man das? Zeichnen Sie mir doch bitte mal die Entwicklung von $P(\text{leakage})$ der Chips über die Zeit auf.

Ich: Naja, man kann es vernachlässigen, wenn ich an meine Grafikkarte zu Hause denke. Die ist mit 90nm Transistorbreite gefertigt, da war $P(\text{leakage})$ kein großes Thema. *Dann habe ich den Graphen gemalt, allerdings die X Achse mit Nanometer beschriftet, dazu meinte Henkel, dass das ja die Zeit widerspiegelt,*

die vergangen ist, bis man diese Technologie benutzen konnte - Zustimmung meinerseits. Ich zeichnete ein exponentielles Wachstum ein.

3 Mechanischer Exkurs

Henkel: Ich habe in der Vorlesung eine Gleichung des Verhältnisses von Watt in eine mechanische Größe an die Tafel gezeichnet, auf die ich damals eigentlich noch mehr hinauswollte. Die Zeit hat es aber nicht erlaubt. Jedenfalls stand das auch in einem Paper. Erinnern Sie sich?

Ich: Ehm, nicht so recht. Aber ich weiß, dass man Leistung in verschiedensten SI-Einheiten darstellen kann.

Henkel: Nun, überlegen Sie mal, was ist denn die Darstellung von Leistung?

Ich: $P = \text{Ampere} \cdot \text{Volt}$

Henkel: Aber das ist ja wieder mit elektrischen Größen dargestellt. Wie ist denn die mechanische Darstellung?

Ich: Boah offensichtliches Geräte... Joule??

Henkel: Ja, fast. Aber auch das lässt sich dann noch weiter umformen. Was geht da noch?

Ich: Aahh Newton... Newtonmeter? Ja! $1W = 1J = 1Nm$...ich hatte wirklich Glück, das auf Wikipedia mal nachgeschlagen zu haben. Jedenfalls wollte er diese Gleichung hören.

4 Batterien

Henkel: Gut, nun zu Batterien. Was haben wir denn da kennengelernt?

Ich: Diese Frage ist sehr offen gestellt... Wir haben Batterien und Kondensatoran kennengelernt. Die einen sind besonders gut darin, Leistung zu speichern, wie zum Beispiel Li-Ion Akkus, die dann aber nur bei einer bestimmten Spannung betrieben werden sollten (3.6V glaube ich) und auf der anderen Seite gibt es Kondensatoren, die eine besonders hohe Energiedichte haben. Leistungsdichte = $\frac{Wh}{kg}$, Energiedichte = $\frac{W}{kg}$

Henkel: Naja und was haben denn Batterien denn so für Eigenschaften? Ich will da gar nicht zu viel veraten.

Ich: Okay, er wollte also direkt auf die 4 Eigenschaften heraus, ohne das Wort selber dafür zu verwenden Da gibt es vier Eigenschaften: Den Fading Effekt, Rate Dependency, Recovery Effect und Temperaturabhängigkeit. Ich wollte eigentlich auch noch alle beim Erwähnen erklären, Henkel meinte nur: ich sehe dass Sie das können. Machen wir gleich weiter. Blick auf die Uhr

5 Batteriemodelle

Henkel: Wir haben verschiedene Batteriemodelle kennengelernt. Wozu erstellt man denn überhaupt solche Modelle?

Ich: Man möchte zur Designzeit mit Hilfe eines Batteriemodelles die effizienteste

nötige Batterie mit-designen. Es ist keine schlaue Idee, seinen Chip herzustellen und im Nachhinein zu gucken, welche Batterie am effizientesten den Chip betreibt.

Henkel: Ja und wie macht man dann das Herausfinden der effizientesten Batterie?

Ich: Das erreicht man mit Simulation. Man gibt das Modell in einen high-level-Simulator ein und dreht an den Parametern, bis die effizienteste Batterie gefunden ist. Dabei haben die Modelle verschiedene Abstraktionsebenen *Henkel unterbricht*

Henkel: Welches Modell kennen sie denn beispielsweise?

Ich: Das RC Modell, da haben zum Beispiel Volt und Ampere in einem Schaltkreis die Temperatur und den Hitzetransport dargestellt. Das kann man dann zum Beispiel mit LT Spice simulieren.

6 Instruction Scheduling

Henkel: Kommen wir zu Software. Welchen Ansatz haben wir denn da kennengelernt?

Ich: Das Instruction Scheduling. Hierbei hatte man anhand einer RTL Simulation eines Prozessormodells die bit-switching activity von Assemblerbefehlen angeschaut und diese in mA umgerechnet. Dies dient für den Compiler als Metrik. Dann kommt das Eingabeprogramm, dargestellt als Control-Dependency-Graph.

Henkel: Was wurde dann getan?

Ich: Man hat in den CDG alle Kanten hinzugefügt, die theoretisch auch eine gültige Ausführungsreihenfolge der Befehle darstellen. Diese sind, da sie eventuell weniger mA verbrauchen, wenn man diese hintereinander ausführt, auch Kandidaten für ein mögliches Schedule. Das erzeugt einen strongly connected graph (SCG)

Henkel: Und dann?

Ich: Dann bildet man einen minimalen Spannbaum auf dem SCG.

Henkel: Warum das?

Ich: Das dient als Ausgangslösung für Simulated Annealing. Zur Zeit haben wir einen Baum. Das stellt keine gültige Ausführungsreihenfolge der Befehle dar. Mit Christofide's Algorithmus kriegen wir dadurch einen k-effizienten Hamiltonkreis durch den SCG.

Henkel: Was hat es dann noch mit dem Simulated Annealing auf sich?

Ich: Das nutzen wir nun, um aus dem Hamiltonkreis einen gültigen Hamiltonpfad zu machen, der die gegebenen Control Dependencies und beachtet und uns mit der letzten Instruktion das Ergebnis liefert. Dabei wird der Kreis aufgebrochen und dann vertauscht wieder zusammengesetzt. Dabei wird beachtet, ob der entstandene Kreis die control dependencies einhält.

Henkel: Erklären Sie mir, wie das Simulated Annealing funktioniert.

Ich: Das ist ein k-approximativer Algorithmus, der in polynomieller Laufzeit terminiert. Er stellt eine Analogie zum Abkühlen von Stahl dar. Es gibt eine Variable, meist *temp* genannt, die bestimmt, mit welcher Wahrscheinlichkeit schlechtere Lösung weiter betrachtet werden.

Henkel: Wozu braucht man das?

Ich: Um lokale Maxima zu überkommen.

7 Pre-Computation

Henkel: Kommen wir nun zu Low Power in Hardware. Was können Sie mir zum Pre-Computatio sagen?

Ich: Das Pre-Computation ermöglicht es, insofern die Logik eines Bausteins es zulässt, switching activity zu sparen. Hierbei ist Voraussetzung, dass das Ergebnis eines Logikblocks mit einer kleineren Eingabemenge zu berechnen ist. Dann wird dies signalisiert und das Register vor dem Logikbaustein deaktiviert. Das berechnete Ergebnis wird an den Ausgang des Logikbausteins verodert - und verundet. *Währenddessen habe ich das Schaubild dazu aufgemalt* Wichtig hierbei ist, dass die vorberechneten Signale auch getaktet an den Ausgang des Logikbausteins anliegen, daher gibt es hier noch ein Flip-Flop auf der Leitung zum Ausgang. Die sorgen dafür, dass das Ergebnis nicht einen ganzen Takt zu früh am Ausgang anliegt.

8 Random Frage

Henkel: Was meinen Sie, ist der heutzutage kleinstmögliche Leistungsverbrauch einer IoT-Node?

Ich: Kommt auf die Größe darauf an und die Anzahl der Transistoren...

Henkel: Größe etwa 1mm^2 . Schätzen Sie!

Ich: Naja ich denke da ist 1mW schon recht hoch angesetzt.

Henkel: Ein Millionstel davon! 1nW ! Ich war auf einer Konferenz letzte Woche, da hat jemand das vorgestellt.

Ich: oha nice :D *Das wollte er aus irgend einem Grund noch in der Prüfung sagen.*