

Seminararbeit: Eine Fallstudie zu eingebetteten Systemen mit Echtzeitanforderungen anhand von 3D-Druckern mit integriertem Webserver

31.01.2024

Tobias Güthlein

Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

Motivation

Internet of Things wächst an



Figure 1: PrintrBot Simple Metal 3D Printer.

<https://www.adafruit.com/product/1760>

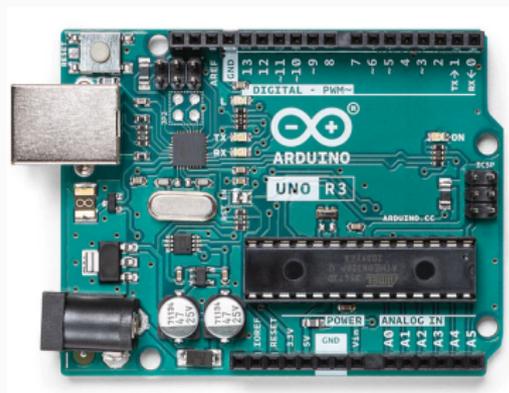


Figure 2: Arduino Uno Rev3.

<https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>

3D-Drucker

Qduino und QduinoMC

Experimente

Diskussion

Fazit

3D-Drucker

- 3D-Drucker können physische Objekte drucken
- Druck durch schichtweises auftragen von Material
- Wird verwendet um schnell und billig Objekte herzustellen
- Echtzeitanforderungen bei der Steuerung
 - Motorkontrolle
 - Druckkopfkontrolle

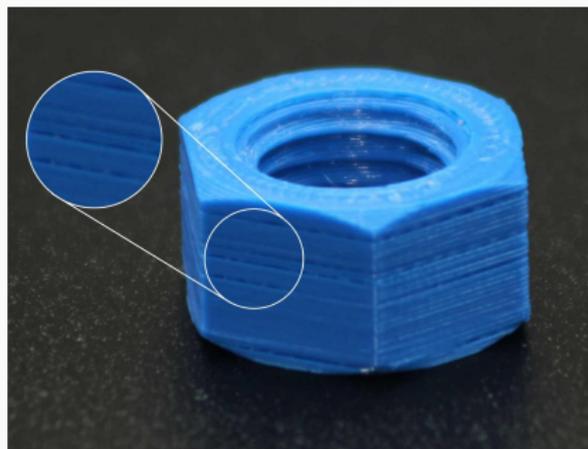


Figure 3: 3D-Druck. <https://www.ab3d.at/3d-druck-erste-hilfe-unterextrusion/>

- Motoren zur Ausrichtung des Druckkopfes
- Häufig: Schrittmotoren mit Riemen
 - ein Impuls pro Schritt
 - genaue Berechnung der zeitl. Verzögerung zwischen Impulsen

Beispiel: Störung bei Impulsgenerierung

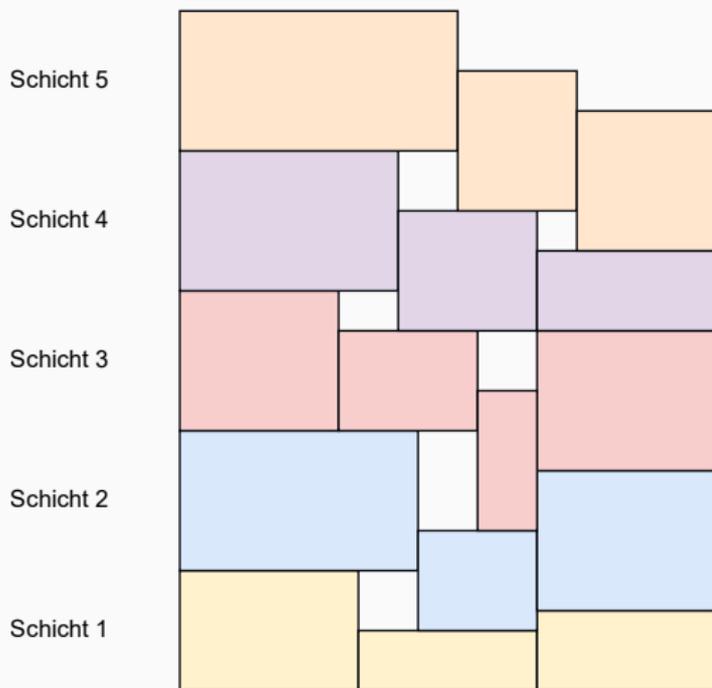


Figure 4: 2D Darstellung von variierenden Druckschichten

- Einige 3D-Drucker drucken mittels Materialextrusion
 - passende Konsistenz nötig
 - Kontrolle über Temperatur
- regelmäßige Überprüfung und Anpassung

Qduino und QduinoMC

- Multi-Threaded Arduino-System
- Basiert auf Quest Echtzeit-Betriebssystem
- Unterstützt Single und Multicore Prozessoren
- Bietet ein Echtzeit Scheduling Framework

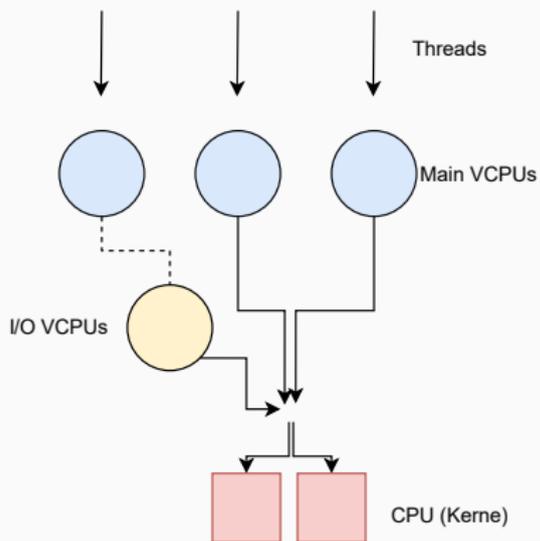


Figure 5: Quest VCPU-Scheduler

- Erweiterung von Qduino auf Multicore Systeme
- Qduino hatte keine Kontrolle über Kernnutzung
- Erlaubt es Loops/Threads zu spezifischen Kernen zu zuweisen

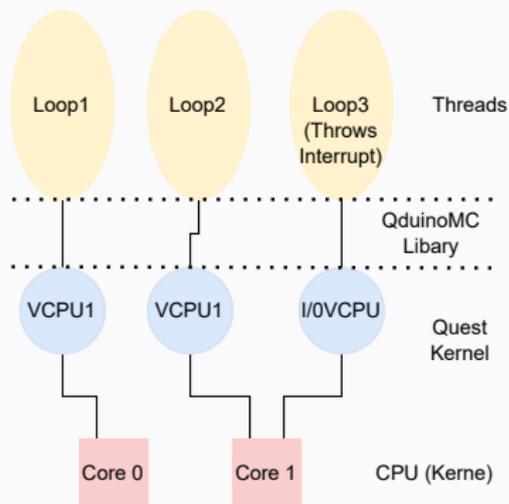


Figure 6: Quest VCPU Scheduler

- Verwendung eines modifizierten Printrbot Simple Metal Drucker
- Microcontroller ersetzt
- als vergleich: Testen einer Linux-Implementierung



Figure 7: PrintrBot Simple Metal 3D Printer.

<https://www.adafruit.com/product/1760>

Experimente

Experiment	Beschreibung	Ziel
Experiment 1	Pulsfrequenz der Motoren	Gleichmäßige Frequenz hier 10 kHz
Experiment 2	Temperatur des Druckkopfes	Konstante Materialkonsistenz hier Temperatur = 209 Grad

Pro Experiment zwei Fälle

Fall	Beschreibung
Fall 1	Webserver aus
Fall 2	Webserver an und unter Last gestellt Aufträge an Server geschickt in zufälligen Zeitintervallen(zwischen 100 und 1000 ms) Auftragsgröße zufällig zwischen 50 KB und 150 MB

Fall 1	Pulsfrequenz schwankt zwischen 7.75 kHz und 8.02 kHz
Fall 2	Pulsfrequenz schwankt noch stärker und hat einen noch niedrigeren Min. Wert von 6.42 kHz

Table 1: Experiment 1 bei Linux Implementation

Fall 1	Pulsfrequenz schwankt zwischen 7.75 kHz und 8.02 kHz
Fall 2	Pulsfrequenz schwankt noch stärker und hat einen noch niedrigeren Min. Wert von 6.42 kHz

Table 1: Experiment 1 bei Linux Implementation

Fall 1	Nach kurzer Aufwärmphase wurde die Temperatur bei 209 Grad Celsius gehalten.
Fall 2	Ähnliches Verhalten wie bei Fall 1

Table 2: Experiment 2 bei Linux Implementation

Fall 1	Pulsfrequenz stabil bei 9.569 kHz
Fall 2	Pulsfrequenz stabil bei 9.569 kHz

Table 3: Experiment 1 bei QduinoMC Implementation

Fall 1	Pulsfrequenz stabil bei 9.569 kHz
Fall 2	Pulsfrequenz stabil bei 9.569 kHz

Table 3: Experiment 1 bei QduinoMC Implementation

Fall 1	Nach kurzer Aufwärmphase wurde die Temperatur bei 209 Grad Celsius gehalten.
Fall 2	Ähnliches Verhalten wie bei Fall 1

Table 4: Experiment 2 bei QduinoMC Implementation

Diskussion

Ist ein 3D-Drucker mit integriertem Webserver überhaupt sinnvoll?

Ist ein 3D-Drucker mit integriertem Webserver überhaupt sinnvoll?

Hobbyanwendungen:

- Spooling/Queue wird nicht gebraucht
- Koordination von mehreren Druckern meist nicht gebraucht
- + Fernüberwachung nützlich

Ist ein 3D-Drucker mit integriertem Webserver überhaupt sinnvoll?

Hobbyanwendungen:

- Spooling/Queue wird nicht gebraucht
- Koordination von mehreren Druckern meist nicht gebraucht
- + Fernüberwachung nützlich

Printfarm:

- + Spooling/Queue verwendbar
- + Koordination von mehreren Druckern sehr nützlich
- + Fernüberwachung nützlich

- Offensichtlicher Stresstest
- Aufträge die von außerhalb kommen
- Behinderung des Druckers durch viele eingehenden Aufträge
- Schwachstelle die es durch ausgelagerten Webserver nicht gäbe

Fazit

- QduinoMC nützliches Werkzeug für Arduino-Projekte
- Erlaubt Parallelisierung von Arduino-Programmen
- 3D-Drucker mit integriertem Webserver sind nützlich in Printfarmen

- QduinoMC nützliches Werkzeug für Arduino-Projekte
- Erlaubt Parallelisierung von Arduino-Programmen
- 3D-Drucker mit integriertem Webserver sind nützlich in Printfarmen

Vielen Dank für Eure Aufmerksamkeit!