

Reaktionsspiel mit Bandgeräten

Softwareprojekt: Internetkommunikation

Steve Dierker, Patrick Hjort, Semjon Kerner

7. November 2017

1 Einführung

Das Ziel dieses Projektes ist es, die *PDP11* im Foyer des Informatik Instituts der FU Berlin wieder mit Leben zu füllen und sie nicht nur als leere Hülle zu präsentieren. Uns ist es dabei besonders wichtig unsere Mitstudierenden zum eigenständigen entdecken der *PDP11* zu animieren. Daher haben wir die bestehenden Bandlaufwerke mit einem modernen Mikrocontroller ausgestattet, der von nun an die Ansteuerung der Hardware übernimmt. Dieser Mikrocontroller, die vorhandenen Bandlaufwerke, zusätzliche LEDs und ein LCD ermöglichen es uns die *PDP11* in einen Arcade ähnlichen Spieleautomaten umzuwandeln.

Ziel dieses Projektes ist es, die Hardware fertigzustellen und ein Beispielspiel zu implementieren, das es zwei Spielenden ermöglicht sich in ihrer Reaktionszeit zu messen.

Als erstes werden wir einen Überblick über die verwendete Hardware geben und auf die Besonderheiten und Probleme bei der Ansteuerung dieser eingehen. Danach gehen wir auf die Software selbst und die Kommunikation zwischen den Knoten ein. Abschließend ziehen wir ein vergleichendes Résumé zwischen der Planung und dem Erfolg des Projekts und bieten einen Ausblick auf weiterführende Ideen.

2 Hardware

2.1 vorhandene Hardware

Als Basis für unser Projekt dient die im Foyer stehende und leider nicht mehr funktionstüchtige *PDP11*. Im besonderen haben wir uns für die zwei Bandlaufwerke der *PDP11* interessiert, da sie jeweils neun Taster und zwei einzeln ansteuerbare Motoren besitzen. Die Motoren können im und gegen den Uhrzeigersinn drehen und bieten durch die Geräuschentwicklung sowie ihre Bewegung einen guten Auslöser für unser Reaktionsspiel.

Von den neun Tastern sind zwar alle mit unserem Mikrocontroller verbunden und auch per Software ansteuerbar, allerdings sind derzeit nur die ersten drei Taster in Verwendung.

2.2 zusätzliche Hardware

Für dieses Projekt wurde uns ein *SAMR21 Xpro*¹ zur Verfügung gestellt. Der *SAMR21 Xpro* ist ein Evaluationsboard für den *ATSAMR21G18A*². Das Board bietet integrierte Funkunterstützung zur Kommunikation und durch den *Cortex-M0+*³ auch ausreichend Leistung um unser Projekt

¹ [Atmel AT SAMR21-XPRO](#).

² [ATSAMR21G18A](#).

³ [ATSAMR21G18A](#).

umzusetzen. Im Zuge der Softwareentwicklung sind wir nicht an die Leistungsgrenzen des Chips gestoßen, allerdings bietet er nicht genügend I/O-Pins zur Ansteuerung der gesamten Peripherie.

In Ermangelung ausreichender I/O-Pins haben wir uns deshalb entschieden die Taster über den *S74LS151*⁴ zu verwalten. Der *S74LS151* ist ein 8bit Multiplexer und ermöglicht es uns alle Taster mittels Polling abzufragen, allerdings kann immer nur ein Taster gleichzeitig mit einem Interrupt belegt werden.

Zur Beleuchtung der Bandlaufwerke haben wir RGB-LED-Streifen verbaut. Diese LED-Streifen sind kompatibel zu *WS2811*⁵, der jeweils eine LED steuern und bis zu 1024 mal in Reihe geschaltet werden kann um komplette

Animationen darzustellen. Die existierenden Glühlampen der Taster wollten wir ebenfalls durch LED's ersetzen die auf dem *WS2811* basieren, allerdings gab es hier Lieferprobleme.

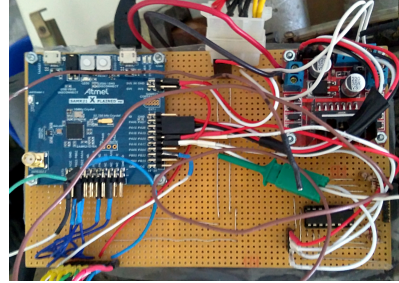


Abbildung 1: Mikrocontroller, Multiplexer und H-Brücke

Zur Ansteuerung der Bandlaufwerkmotoren verwenden wir die doppel H-Brücke *L298-H*⁶. Diese benötigt als einziges Modul eine 12V Versorgungsspannung.

Für zukünftige Menüführung, Eingabe der Nicknames und weiteres visuelles Feedback haben wir ein 128x64 Pixel LCD des Typs *DOGL128B-6*⁷ verbaut. Dieses Display ist ein Set aus Display und Controller und kann einfach über das SPI Protokoll verwendet werden. Um Kosten an der Hardware zu sparen haben wir uns dazu entschieden kein zugehöriges Backlight dazu zukaufen, sondern jeweils zwei *WS2811* RGB-LEDs für die Hintergrundbeleuchtung zu verwenden.

Unsere verbaute Hardware braucht eine 3,3V, 5V und 12V Spannungsversorgung und anstatt ein neues Netzteil zu kaufen, haben wir ein ATX-Netzteil aus Restbeständen für beide Bandlaufwerke benutzt.

2.3 Treiber

Nach der Entwicklung der Hardwareplattform haben wir für jede Peripherie einen Treiber entwickelt, da diese noch nicht von RIOT selbst unterstützt wurden. Jeder Treiber ist angelehnt an die von RIOT angebotenen Beispieldreiber implementiert. Die Treiberimplementierung war für alle Peripheriegeräte außer dem *WS2811* unkompliziert. Der *WS2811* nutzt eine Schieberegisterarchitektur. Über einen digitalen Eingang zum Empfang und einen digitalen Ausgang zum Senden an den nächsten *WS2811* in Reihe werden je LED 24bit an Farbinformationen übertragen. Jeder *WS2811* steuert eine LED und bis zu 1024 *WS2811* können so miteinander verkettet werden, um ganze LED-Arrays zu steuern. Da der *WS2811* nur ein OneWire-

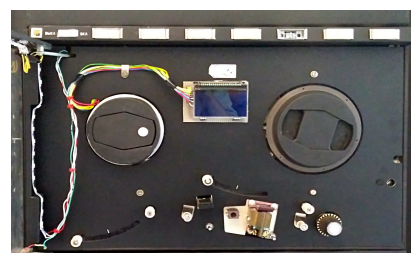


Abbildung 2: Frontansicht der Bandlaufwerke

⁴ *S74LS151*.

⁵ *WS2811*.

⁶ *L298-H*.

⁷ *DOGL128B-7*.

Protokoll und keine zusätzliche Taktung anbietet, benötigt er für die Unterscheidung zwischen 0 und 1 in seinem Protokoll harte Timings. Für unser Projekt haben wir zwei verschiedene *WS2811* kompatible LED-Sets gekauft. Das erste ist ein bereits montierter LED-Streifen, der mit unserem Treiber tadellos funktioniert und das zweite ist ein Set von separaten Chips und LEDs, die selbst zusammenzubauen sind. Das zweite Set weigerte sich, mit unserem Treiber zu arbeiten und nach mehrtägigem Debugging stellte sich heraus, dass der Controller eine gemeinsame Anode benötigt, aber die LEDs, die wir erhalten haben, boten eine gemeinsame Kathode. Leider war der Internetversand, bei dem wir die LEDs gekauft haben, nicht in der Lage, die richtigen LEDs rechtzeitig zur Verfügung zu stellen, um das Projekt komplett abzuschließen.

3 Retro11

Retro11 ist der Name der RIOT-Anwendung die auf dem *SAMR21 Xpro* läuft. Die Anwendung besteht aus drei Teilen. Als erstes ist in *Retro11* das Reaktionsspiel implementiert, das auch die Kontrolle über die gesamte Peripherie benötigt. Als zweites enthält jeder *Retro11* Knoten einen COAP-Server der Anfragen vom *Game-Master*-Knoten entgegennimmt. Als drittes und letztes läuft auf einem Knoten zusätzlich der *Game-Master*-Knoten, der die ablaufenden Spiele koordiniert und die Ergebnisse an den RaspberryPi von *Team2* veröffentlicht.

3.1 Anwendungsdesign

Als erstes initialisiert *Retro11* die gesamte Peripherie und startet bis zu fünf Threads, die über eine Message-Queue sowie eine geteilte Statusvariable kommunizieren.

Der erste Thread ist der *MotorController*, der sich um die asynchrone Steuerung der beiden Gleichstrommotoren kümmert. Dieser Thread akzeptiert Nachrichten, die die Geschwindigkeit und die Laufdauer der Motoren enthält. Dieser Thread ist essentiell für das Reaktionsspiel, da die Motoren sonst nicht asynchron zur Benutzereingabe angehalten werden könnten.

Der zweite Thread ist der *COAPServer*, der Anfragen des *Game-Masters* erwartet und dann durch eine geteilte Status Variable die Game-Loop des Reaktionsspielthreads kontrolliert.

Der dritte Thread ist das Reaktionsspiel, das in der Endlosschleife *GameLoop* läuft und durch die mit dem *CoapServer* geteilte Statusvariable kontrolliert wird. Weiterhin kommuniziert dieser Thread wie oben erwähnt mit dem *MotorController* und bildet das Herzstück von *Retro11*.

Der vierte Thread stellt eine Diagnose-Shell über den USB-Anschluss des *SAMR21 Xpro* bereit. In dieser Shell sind spezielle Hardware-Diagnose Befehle enthalten und außerdem werden Debug-information über den derzeitigen Programmverlauf ausgegeben.

Der fünfte und letzte Thread ist nur auf einem der beiden Knoten vorhanden und stellt den *Game-Master* zur Verfügung. Dieser kommuniziert mit den beiden *CoapServern* und kontrolliert den gesamten Spielablauf zwischen den beiden Knoten. Der *GameMaster* kommuniziert außerdem mit dem RaspberryPi von *Team2* und veröffentlicht die Spielergebnisse.

3.2 Reaktionsspiel

Für dieses Spiele befinden sich zwei Spielende vor je einem Bandlaufwerk. Zuerst werden beide aufgefordert einen Nickname einzugeben, der dann an den *GameMaster* geschickt wird. Sobald beide Spielenden ihren Namen eingegeben haben, sendet der *GameMaster* den Start-Befehl und die Motoren beginnen sich zu drehen. Nach einer zufällig gewählten Zeit hören beide Motoren auf zu drehen und die Spielenden müssen möglichst schnell den Bestätigen-Knopf drücken. Die Zeit zwischen dem Anhalten der Motoren und dem Drücken des Knopfes ist die Reaktionszeit und

wird von beiden Knoten an den *GameMaster* geschickt. Dieser entscheidet nun welcher der beiden Spielenden gewonnen hat und veröffentlicht das Ergebniss in der Highscore. Den Highscore können Sie in der Webapplikation von *Team2* des diesjährigen Softwareprojekts nachschlagen.

3.3 Netzwerkkommunikation

Die Kommunikation zwischen den Plattformen erfolgt über das RESTful Constrained Application Protocol, CoAP⁸, das Nachrichten über UDP und IPv6 sendet, wie in Abbildung 3. Ein Mikrocontroller führt eine Client-Applikation aus, die das Spiel steuert. Die benötigten Informationen werden von einer Server-Anwendung bereitgestellt, die auf jedem Mikrocontroller ausgeführt wird. Abhängig vom Spielstatus fragt der Client die Ressource mit den erforderlichen Informationen beider Server mit einer Get-Methode ab, bis die Server die Informationen bereitstellen, um zur nächsten Stufe überzugehen. Im ersten Zustand ruft der Client die Nicknamen der Spielenden ab, fordert dann das Reaktionsspiel auf, im zweiten Zustand zu starten, erhält im dritten Zustand die Reaktionszeit und fordert anschließend jede Maschine auf, anzuzeigen, ob der Spielende gewonnen oder verloren hat. Zusätzlich verfügen beide Server über eine Ressource, die auf Wunsch von *Team2* Highscore-Informationen im SenML-Format⁹ bereitstellt.

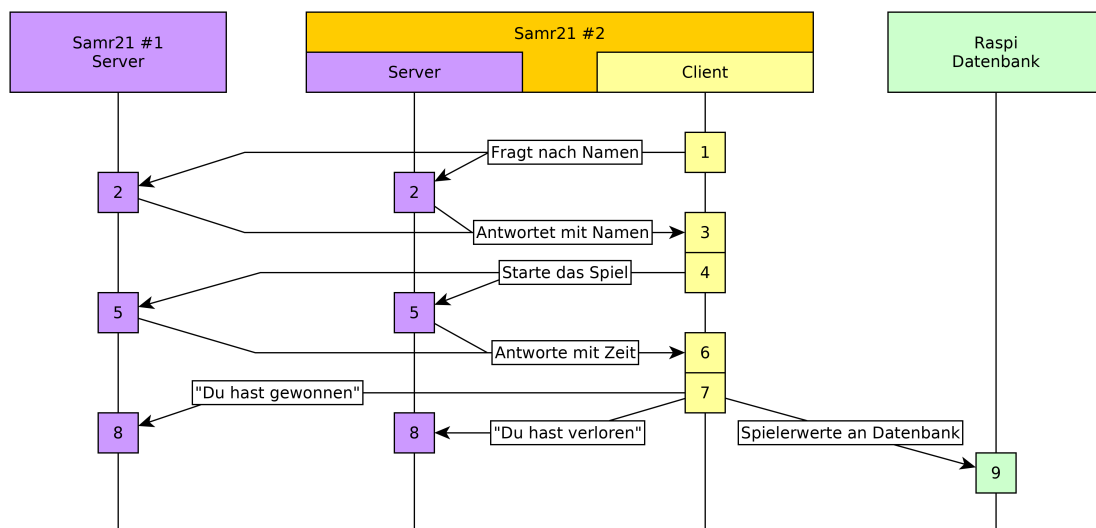


Abbildung 3: Sequenzdiagramm der Anwendung

4 Stand der Umsetzung

4.1 Probleme

In der aktuellen Implementierung bleiben noch ein paar Vorhaben unvollendet. Zum einen fehlen wie bereits erwähnt die passenden LEDs zu den *WS2811* Controllern für die Taster. Weiterhin gibt es eine ungeklärte Fehlerquelle im Zusammenhang mit einem der LCD. Hier scheint ein Wackelkontakt oder falsch eingestellter Kontrast zu einem unlesbaren Display zu führen. Da das gleiche Programm auf dem anderen LCD zu einer Ausgabe führt erwarteten wir keinen Softwarebug. Das Ausmessen der Stromleitungen und das Rückverfolgen der GPIO-Portleitungen hat allerdings keine Fehlerursache offenbart. Desweiteren existiert kein Boardlayout von dem Mainboard, welches

⁸ CoAP.

⁹ SenML.

die einzelnen Hardwarebausteine verbindet.

Die Netzwerkkommunikation ist derzeit unzuverlässig. Verlorene Pakete können in gewissen Situationen zu Deadlocks führen.

Zusätzlich zu den offenen Problemen an unserem Projekt ist die Integration in das Softwareprojekt von *Team2* ungenügend. Die Schnittstelle zur Übertragung der Highscoredaten wurde nur grob kommuniziert, nicht getestet und ist unseres Wissens nach nicht in der aktuellen Version von *Team2* eingebunden.

4.2 Rückblick auf Zeitplan

Der ursprüngliche Zeitplan konnte aus folgenden Gründen nicht eingehalten werden. Die Entwicklung von Hardwarelösungen und das Umsetzen dieser Lösungen haben ein Vielfaches der geplanten Zeit in Anspruch genommen. Zudem kostete das Debugging der *WS2811* und der zugehörigen LEDs unerwartet viel Zeit. Dies war besonders schwer einzuschätzen, da die *WS2811* kompatiblen LED-Streifen mit der gleichen Software funktionierten und so die Fehlersuche vielversprechend schienen. Leider konnte dennoch der Fehler wie erwähnt nicht behoben werden. Weitere Ursache für die Verzögerung waren Probleme mit der Netzwerkkommunikation und der langwierigen Integration der Netzwerkarchitektur in die übrige Projektstruktur, was letztendlich auch zu einer mangelhaften Schnittstellendefinition zwischen Applikation und Netzwerkarchitektur führte.

Als Ergebnis dieser Verzögerungen haben wir gewisse Vorhaben nicht umgesetzt, so haben wir zum Beispiel nicht nach passenden Magnetbändern gesucht.

Das Implementieren des Spiels ging dann am Ende erwartungsgemäß schnell und auch der Entwurf des Posters war entsprechend dem Zeitplan früh beendet.

Eine Hauptursache für das Nichteinhalten des Zeitplans waren fehlende Gespräche über den aktuellen Stand der Einzelaufgaben. So fehlte es der Gruppe an Wissen über den Fortschritt der Gruppenmitglieder und Probleme konnten nicht gemeinsam gelöst werden. Grund dafür sind aus unserer Sicht Erfahrungsmangel in der Projektarbeit und eine fehlende Gruppenstruktur.

5 Weiterführende Arbeit

Zuerst gilt es die bis jetzt nicht gelieferten RGB-LED's wie in Abschnitt 2.2 beschrieben in die Taster einzubauen. Bis jetzt werden die zu drückenden Taster nicht visuell hervorgehoben, sodass für Nutzer nicht offensichtlich ist welcher Taster welche Funktionsbelegung hat.

Zur weiteren Verschönerung der Bandlaufwerke sollten die fehlenden Tasterfronten gedruckt werden. Ein druckfertiges 3D-Modell ist schon im Repository vorhanden. Im Zuge dessen sollten auch die Motoren gereinigt werden, da sie sich zur Zeit erst bei einer verhältnismäßig hohen Anlaufspannung in Bewegung setzen. Dies würde Lautstärkeentwicklung und Stromverbrauch optimieren.

Im Bezug auf *Retro11* sollte als erstes ein Framework entwickelt werden in dem weitere Spiele implementiert werden können. Eine Möglichkeit besteht darin einen Lua-Interpreter in *Retro11* einzubetten. interessierte Studierende sind dann in der Lage Spiele in einer Hochsprache gegen eine konsistente API zu entwickeln und müssen nicht notwendigerweise mit RIOT vertraut sein. Insbesondere für Programmierneulinge bietet das einen niederschweligen Einstieg in eingebettete Systeme.

Da regelmäßige manuelle Updates der vorhandenen Spiele auf der Plattform ein zeitintensives Unterfangen ist, sollte als nächstes über eine Over-the-Air Updatefunktion für die komplette Applikation oder zumindest für die Spielebibliothek nachgedacht werden. Für RIOT selbst ist gerade ein OTA-Update in Entwicklung das nach Fertigstellung genutzt werden kann.

Literatur

- Atmel AT SAMR21-XPRO*. URL: <https://os.mbed.com/platforms/SAMR21-XPRO/>.
- ATSAMR21G18A*. URL: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATSAMR21G18>.
- ATSAMR21G18A*. URL: <https://developer.arm.com/products/processors/cortex-m/cortex-m0-plus>.
- CoAP*. URL: <http://coap.technology/>.
- DOGL128B-7*. URL: <http://www.lcd-module.de/pdf/grafik/dogl128-6.pdf>.
- L298-H*. URL: <https://www.canakit.com/Media/Manuals/UK1122.pdf>.
- S74LS151*. URL: <https://github.com/fu-inet-swp17/team1/blob/master/res/datasheets/SN74LS151N.pdf>.
- SenML*. URL: <https://github.com/core-wg/senml-spec>.
- WS2811*. URL: <https://github.com/fu-inet-swp17/team1/blob/master/res/datasheets/WS2811.pdf>.