Teil I

Programmentwicklung

Ziele

Programmierung auf dem **BeagleBoneBlack**

- (fast) wie auf dem *Host*
- *Toolchain* auf dem *Host*
- nur Programme (*runtime/executables*) auf dem **BeagleBoneBlack**
  - Sourcefiles bleiben auf dem *Host* (Ausnahme Skripts)
- Entwicklung für

  C/C++ Posix *runtime*

  Java Java SE Runtime Environment **BeagleBoneBlack**
    - nicht prioritär

  Python Praktische platformunabhängige Sprache

  vom **BeagleBoneBlack** aus gesehen

Outline
für C/C++

Host
dem **git** unterstellt

somewhere_on_your_host
- config
  - Makefile
- src ..... the own source files
- work ..... seen by **BeagleBoneBlack**
  - → ../config/Makefile ..... link
- target-root ..... for the toolchain
- tc ..... toolchain

BeagleBoneBlack

somewhere_on_your_**BeagleBoneBlack**
- work ..... mounted on *Host* per `sshfs`

Entwicklung

wo ist was

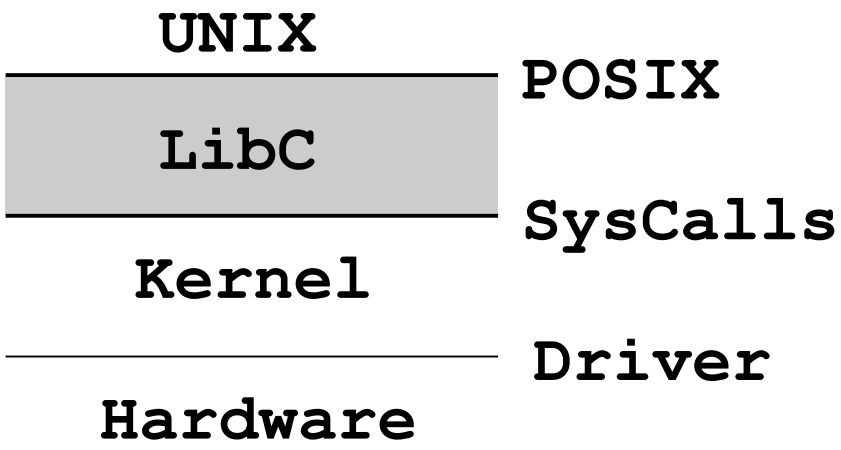
Host

- Toolchain/TargetRoot
  `http://sourceforge.net/projects/fhnw-tinl/files/`
- Beispiele: `src/*`
- Herstellung: `make` *`the-app`*

BeagleBoneBlack

- Runtime GNU/Linux POSIX

POSIX → Kernel



POSIX `stdio.h` & Co

SysCalls → **target-root**`/usr/include/syscall.h`

Bibliotheken

am Beispiel `hello-world-c.c`

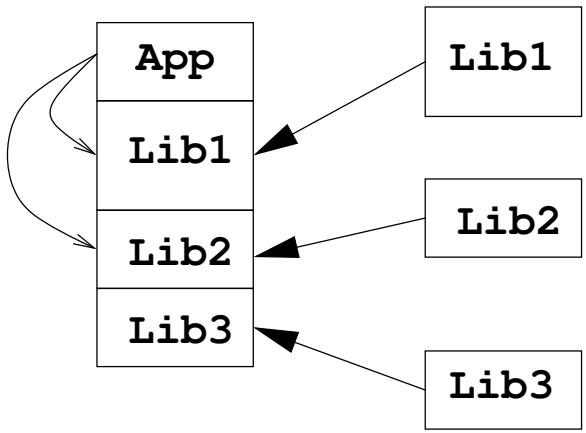
- Der Objectfile `hello-world-c.o`
  - Der Code `objdump -d hello-world-c.o`,
  - Die Symbole `readelf -s hello-world-c.o`
- Das Image `hello-world-c`
  - Der Code `objdump -d hello-world-c`
  - Die Symbole `readelf -s hello-world-c.o`
- `puts`
  - ist in einer Bibliothek

Statische/Dynamische Bibliothek

Kopie vs. Referenz

Static

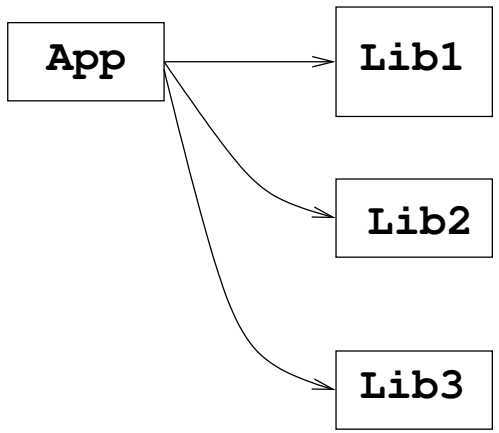
- UNIX



- frühes Binden

Dynamic

- UNIX



- spätes Binden

Entwicklungsumgebung

- Entwicklungsumgebung aufsetzen
- Erste Programme
  - `hello-world-c.c`
- Minimale Programme
  - `direct-call.S`
  - `minimal-1.c` und `minimal-2.c` Makefile anpassen

Statische/Dynamische Bibliothek

- Die Programme
  - dynamisch linken
  - statisch linken

  und vergleichen
  - Grösse
  - `objdump`
  - `readelf`

Entwicklung
Platformunabhängig

Host

- Toolchain sollte schon vorhanden sein
- Beispiel `HelloWorld.java`
- Herstellung `java -d.` *`sourceFile`*

BeagleBoneBlack

- Runtime `default-jre`

Aufgaben

- `HelloWorld.java`

  Beachte `java -version`, `javac -source -target`
- Suche kleine Runtime
  - `default-jre` ist ziemlich gross
- Wie steht es mit
  - Oracle Java Platform, Micro Edition (Java ME)

Entwicklung `https://www.python.org/`

Platformunabhängig

Host

- Entwicklungsumgebung (Editor)
- Viele nützliche Module

  Batteries Included

- `src/hello-world.py`

BeagleBoneBlack

- Interpreter

Aufgaben

https://github.com/adafruit/adafruit-beaglebone-io-python

- Versuchen Sie GPIO mit Python

Teil II

Makefile

Programmentwicklung
von der *Source* zum *Image*

Gegeben: SourceFiles: viele Files

Gesucht: ImageFile: ein File

Programmentwicklung

Files sind die Grundelemente

- Klassische Programmentwicklung
- Verschiedene Arten von Files
- Programme/Tools erzeugen die Files
- Die Files hängen voneinander ab
- Für etwas komplexere Projekte gibt es viele Files ≈ 100

Ein grosses Projekt
GNU/Linux

- Anzahl Files
  - `tools/count-files.sh`
- SLOC: Source Line Of Code
  - `tools/sloc-count.sh`
  - Analyse mit z.B. *excel*

Der File `Makefile`

das Programm `make`

Makefile Muss selber geschrieben werden:
Beschreibt, wie Files gemacht werden.

Remark: Es gibt Programme z.B. `automake` die erzeugen `Makefile`'s

make Programm:
interpretiert den `Makefile`

Dokumentation

`http://www.gnu.org/software/make/manual/make.html`

make: Aufruf

```
make name
```

make Das Programm

name Name des Files, der hergestellt werden soll [1]

Makefile muss nicht angegeben werden. `make` sucht den File mit dem Namen `Makefile` im *current directory*

- Alternative:

  `make -f` *`path-to-makefile`* `name`

[1] Allgemeiner: `name` ist der Name einer Regel

Makefile: Struktur

Variablen Siehe → `config/Makefile`

Rules der wichtige Teil

Remark: Eine Regel beschreibt Abhängigkeiten

Makefile: *rule* Regel

```
target: → file1 file2 file3 ..
  → tool
```

Remark: '→' steht für das unsichtbare *Tabulator* Zeichen

target File, der hergestellt wird

file1,file2.. *prerequisites* Files, die es braucht um das `target` herzustellen

tool Programm, das aus den *prerequisites* das `target` herstellt.

- Muss normalerweise nicht angegeben werden. `make` kann aus den *Fileextensions* das `tool` bestimmen.

Ziel

Programme

1. lauffähig auf *Host*
2. lauffähig auf **BeagleBoneBlack**

dank **POSIX**

Verzeichnisstruktur

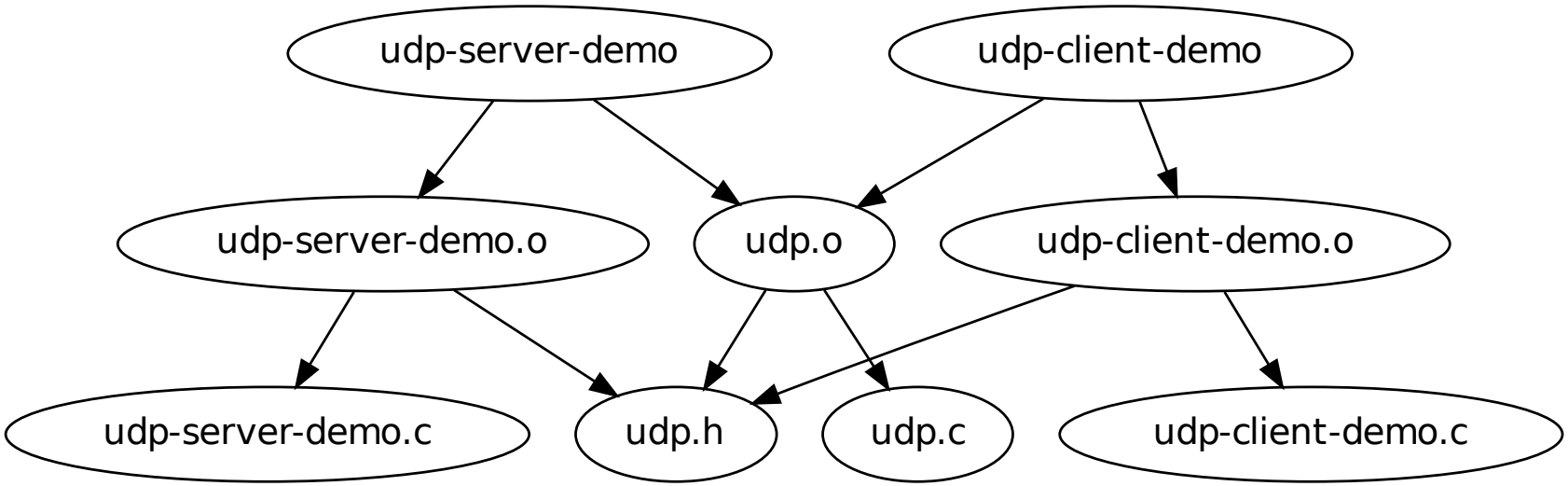
auf dem *Host*

somewhere ..... on your *Host*
- src ..... home of source files
- config ..... home of configuration files
  - Makefile
- work ..... workspace, connected with BBB
  - Makefile → ../config/Makefile ..... link

Remark: Wie immer!

Abhängigkeiten

9 Files



Die Operationen

target	prerequisites	action
`udp-server-demo:`	`udp-server-demo.o udp.o`	link
`udp-client-demo:`	`udp-client-demo.o udp.o`	link
`udp-server-demo.o:`	`udp-server-demo.c udp.h`	compile
`udp-client-demo.o:`	`udp-client-demo.c udp.h`	compile
`udp.o:`	`udp.c udp.h`	compile

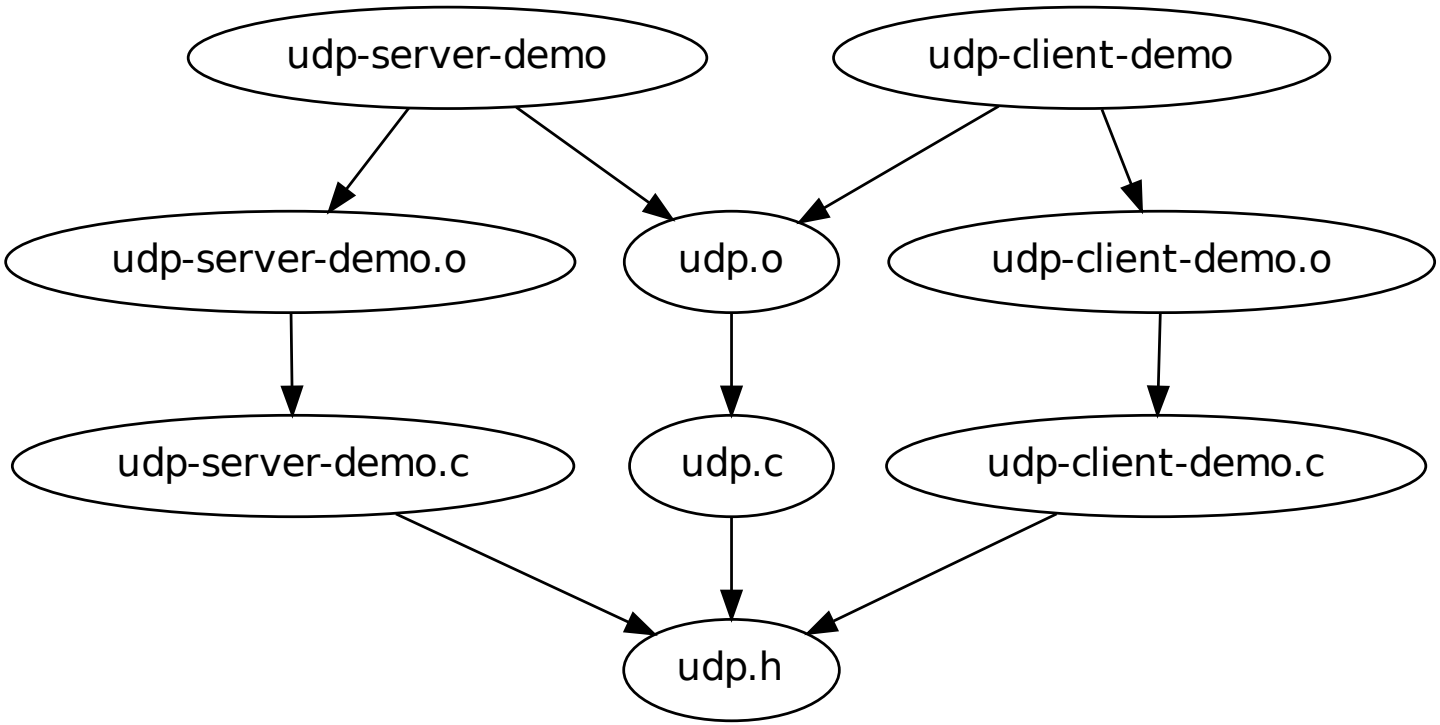
Die Include Files

Die *include files*:

- müssen im `Makefile` angegeben werden
- werden erst im vom Präprozessor includiert

Die Include Files

Andere Sichtweise



Aufgabe

- Anpassung an **BeagleBoneBlack**
- Für **BeagleBoneBlack** *und Host*
  - ist POSIX
- Nutzen Sie die *tools*
  - `netcat`
  - `wireshark`

Teil III

CrossToolchain

- der CrossCompiler gehört zur CrossToolchain
- neben dem CrossCompile gibt es noch andere Komponenten:
  - Assembler
  - Linker
  - ...

Die ganze gcc Toolchain

```
ls path-to-tc-bin
```

```
arm-linux-gnueabihf-addr2line   arm-linux-gnueabihf-gcov
arm-linux-gnueabihf-ar          arm-linux-gnueabihf-gcov-tool
arm-linux-gnueabihf-as          arm-linux-gnueabihf-gprof
arm-linux-gnueabihf-c++         arm-linux-gnueabihf-ld
arm-linux-gnueabihf-c++filt     arm-linux-gnueabihf-ld.bfd
arm-linux-gnueabihf-cpp         arm-linux-gnueabihf-nm
arm-linux-gnueabihf-elfedit     arm-linux-gnueabihf-objcopy
arm-linux-gnueabihf-g++         arm-linux-gnueabihf-objdump
arm-linux-gnueabihf-gcc         arm-linux-gnueabihf-ranlib
arm-linux-gnueabihf-gcc-5.2.0   arm-linux-gnueabihf-readelf
arm-linux-gnueabihf-gcc-ar      arm-linux-gnueabihf-size
arm-linux-gnueabihf-gcc-nm      arm-linux-gnueabihf-strings
arm-linux-gnueabihf-gcc-ranlib  arm-linux-gnueabihf-strip
```

Hostrechner H

Targetrechner T

- Beispiel **BeagleBoneBlack**

Sourcefile **file**`.src`

- Beispiel `hello-world.c`

Executable **file**`(M)` ausführbar auf dem Rechner M, $M = H|T$

- Beispiel `hello-world(T)` für $T =$ **BeagleBoneBlack**

$$\textbf{file}.\texttt{src} \rightarrow \boxed{\textbf{tc}[\textbf{T}](\texttt{H})} \rightarrow \textbf{file}(\texttt{T})$$

file.`src` der Source File

tc[**T**](`H`) der Compiler/Toolchain ein *executable* für den Rechner H erzeugt *executables* für den Rechner T

file(`T`) das *executable* für den Rechner T

Remark: Der Compiler ist ein (wichtiger) Bestandteil der ganzen *Toolchain*

Beispiel

Programm auf dem *Host*

$$\textbf{hello\_world}.\texttt{src} \rightarrow \boxed{\textbf{tc}[\textbf{H}](\texttt{H})} \rightarrow \textbf{hello\_world}(\texttt{H})$$

```
gcc -O2 -std=c99 \
../src/hello-world-c.c \
-o hello-world-c
```

$$\textbf{hello\_world}.\texttt{src} \rightarrow \boxed{\textbf{tc}[\textbf{T}](\texttt{H})} \rightarrow \textbf{hello\_world}(\texttt{T})$$

```
../tc/bin/arm-linux-gnueabihf-gcc -O2 \
--sysroot=../target-root -std=c99\
 ../src/hello-world-c.c \
-o hello-world-c
```

- `arm-linux-gnueabihf-` entspricht T
  - im gcc Terminologie *target*

$$\mathbf{tc}[\mathbf{T}].\mathtt{src} \rightarrow \boxed{\mathbf{tc}[\mathbf{H}](\mathtt{H})} \rightarrow \mathbf{tc}[\mathbf{T}](\mathtt{H})$$

- erzeugt auf dem Rechner *H* eine *toolchain* die auf dem Rechner *H* läuft und *executables* für den Rechner *T* erstellt