

LABORATÓRIO TPSE I



Prática 01: Ambiente de Desenvolvendo e Primeiro Sistema na BBB

Prof. Francisco Helder

3 de julho de 2024

1 Carregando a Primeira Aplicação Bare Metal

Nesta primeira prática de laboratório tem-se o objetivo de preparar o desenvolvedor a configurar o ambiente de desenvolvimento para programação em sistema embarcado, utilizando o bootloader U-Boot para carregar o primeiro sistema desenvolvido para a placa Bealgebone, definida pelo nome de bare metal, sendo carregada na placa via TFTP.

Em uma observação mais simples, a programação bare-metal significa escrever uma aplicação diretamente em seu hardware sem usar uma interface de programação de aplicativo externa, ou seja, sem nenhum sistema operacional. Escrevemos aplicações embarcadas acessando diretamente os registradores de hardware do mapa de memória dos microcontroladores.

1.1 Instalando o cross-compiler

Um cross-compiler nada mais é do que um compilador para uma plataforma diferente do computador usado no desenvolvimento. Como por exemplo um computador com a arquitetura x86 compilando para uma placa com plataforma ARM cortex-A8 de 32 bits. O cross-compiler que será usado será o **arm-none-eabi**, que é o cross-compiler específico para essa plataforma, e que tem característica de programação em bare metal.

1.1.1 Baixando o arm-none-eabi

O pacote com o cross-compiler **arm-none-eabi** pode ser encontrado no site próprio da ARM e algumas outras fontes como no site do Linaro. Acesse esse link <https://www.linaro.org> ou <https://developer.arm.com> e baixe a opção de cross-compile bare metal que rode na máquina x86, algo parecido com (**gcc-arm-none-eabi-XX.X-XXXX.XX-x86_64-linux**). Após baixar o cross-compiler, será preciso criar uma pasta no diretório da disciplina, em que o desenvolvedor irá realizar suas práticas, nesse caso siga os seguintes passos no terminal:

```
$ mkdir lab  
$ cd lab/
```

Após baixado o cross-compiler, será preciso criar um diretório nesse ambiente de desenvolvimento, nesse caso siga os seguintes passos no terminal:

```
$ mkdir toolchain
```

Após a criação do diretório é preciso descompactar o arquivo dentro de **toolchain**, digitando o seguinte comando:

```
$ tar jxvf gcc-arm-none-eabi-XX.X-XXX.X-x86_64-linux.tar.bz2 -C toolchain/
```

Lembre-se de verificar o nome do arquivo antes de copiar e descompactar, pois obviamente se tiver um nome diferente, o linux não vai encontrar!!!

Com isso, já temos o ambiente de cross-compilação, porém para que ele seja acessado de qualquer parte do computador é preciso que seja mudada uma variável de ambiente chamada **\$PATH**, para isso é preciso modificar o arquivo **.bashrc** que está no diretório do usuário, siga os seguintes passos para a modificação da variável.

```
$ cd ~  
$ gedit .bashrc
```

Em que a pasta “~” é o diretório principal do usuário e **gedit** é um editor de textos (pode ser usado qualquer outro). Após abrir esse arquivo é preciso adicionar a seguinte linha no final do arquivo:

```
PATH=$PATH:~/lab/toolchain/gcc-arm-none-eabi-10.3-2021.10/bin
```

Veja que `~/lab/toolchain/gcc-arm-none-eabi-XX.X-XXXX.XX/bin` é o caminho da pasta que foi criado, portanto adicione o caminho da sua pasta, que pode ser visto no terminal com o comando “`pwd`”. Caso o caminho contenha espaços, como por exemplo **Área de Trabalho**, é necessário uma barra invertida (\), portanto, ficaria **Área\de\Trabalho**. Verifique seu caminho e cole corretamente no arquivo `~bashrc`. Após configurar a variável `$PATH`, o cross-compilador já pode ser usado normalmente.

```
helder@machine:lab$ arm-none-eabi-
arm-none-eabi-addr2line      arm-none-eabi-gcc-nm        arm-none-eabi-ld.bfd
arm-none-eabi-ar             arm-none-eabi-gcc-ranlib    arm-none-eabi-lto-dump
arm-none-eabi-as             arm-none-eabi-gcov          arm-none-eabi-nm
arm-none-eabi-c++            arm-none-eabi-gcov-dump     arm-none-eabi-objcopy
arm-none-eabi-c++filt        arm-none-eabi-gcov-tool     arm-none-eabi-objdump
arm-none-eabi-cpp            arm-none-eabi-gdb           arm-none-eabi-ranlib
arm-none-eabi-elfedit         arm-none-eabi-gdb-add-index arm-none-eabi-readelf
arm-none-eabi-g++            arm-none-eabi-gdb-add-index-py
arm-none-eabi-gcc            arm-none-eabi-gdb-py        arm-none-eabi-size
arm-none-eabi-gcc-10.2.1     arm-none-eabi-gprof         arm-none-eabi-strings
arm-none-eabi-gcc-ar         arm-none-eabi-ld            arm-none-eabi-strip
helder@machine:lab$ arm-none-eabi-
```

Figura 1: Ambiente de cross-compilação instalado.

Após a instalação do ambiente de compilação, compile o programa distribuído no início e tente rodar no computador. O computador não conseguirá rodar a aplicação, pois foi compilado para outra plataforma.

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int main() {
4     printf("Hello_World");
5     return 0;
6 }
```

Para compilar programas como esse, é preciso alguns parâmetros de compilação. Após a criação do arquivo, temos que adicionar esses parâmetros no makefile, usando o seguinte comando:

```
1 all: app
2
3 CC= arm-none-eabi-gcc
4
5 app: main.o
6 $(CC) obj/main.o -lc -lrdimon -o bin/app
7
8 main.o: src/main.c
9 $(CC) -c src/main.c -Iinc -o obj/main.o
10
11 clean:
12 rm obj/*.o bin/app
```

Uma vez gerado o executável, ao tentar executar, o computador não vai conseguir executar. Para saber para qual arquitetura o executável tá compilado, simplesmente use o comando `file` no terminal.

```
helder@machine:pratica_01$ make
arm-none-eabi-gcc -c src/main.c -Iinc -o obj/main.o
arm-none-eabi-gcc obj/main.o -lc -ldimon -o bin/app
helder@machine:pratica_01$ ./bin/app
bash: ./bin/app: cannot execute binary file: Exec format error
helder@machine:pratica_01$ file ./bin/app
./bin/app: ELF 32-bit LSB executable, ARM, EABI5 version 1 (SYSV), statically linked, not stripped
helder@machine:pratica_01$
```

Figura 2: Tentando rodar o executável para o ARM.

1.2 O PC deve ser configurado com um servidor TFTP

O *Trivial File Transfer Protocol* (TFTP) fornece uma forma minimalista para transferir arquivos. É geralmente usado como uma parte da inicialização do PXE ou para atualizar configuração ou firmware em dispositivos que possuem memória limitada, tal como roteadores, telefones IP e sistema embarcado como um todo.

Para Instalar o serviço de tftpd realize os seguintes passos:

- 1 instale os seguintes pacotes

```
$ sudo apt-get install xinetd tftpd tftp
```

- 2 Crie o arquivo “tftp” no caminho /etc/xinetd.d, e então cole o seguinte conteúdo

```
1 service tftp
2 {
3     protocol      = udp
4     port          = 69
5     socket_type   = dgram
6     wait         = yes
7     user          = nobody
8     server        = /usr/sbin/in.tftpd
9     server_args   = /tftpboot
10    disable       = no
11 }
```

- 3 Crie e configure o diretório “tftpboot” no /

```
$ sudo mkdir /tftpboot
$ sudo chmod -R 777 /tftpboot
$ sudo chown -R nobody /tftpboot
```

- 4 Inicie o tftpd através do xinetd

```
$ sudo /etc/init.d/xinetd start
```

- 5 Realize um teste de validação do seu serviço tftp. Crie um arquivo “hda.txt” no diretório (tftp) e transfira o arquivo hda.txt para o diretório qualquer (ex: Downloads).

```
$ cd Downloads
$ touch /tftpboot/hda.txt
$ echo "samente_um_teste..." > /tftpboot/hda.txt
$ chmod 777 /tftpboot/hda.txt
$ ls -l /tftpboot/
-rwxrwxrwx 1 hederics hederics 0 2010-08-31 15:34 hda.txt
$ tftp 127.0.0.1
tftp> get hda.txt
Sent 722 bytes in 0.0 seconds
tftp> quit
$ ls -l
-rwxrwxrwx 1 hederics hederics 707 2010-08-31 15:34 hda.txt
```

6 Copie a aplicação exemplo para o diretório TFTP:

```
$ cp bin/app /tftpboot/
$ cd /tftpboot
```

7 Crie o link simbólico

```
$ ln -s app download.bin
```

1.3 Carregando uma Aplicação Bare Metal na BBB

Para carregar um sistema na BBB é necessário seguir os seguintes passos:

- Reboot a placa e entre no U-boot apenas pressionando qualquer tecla. Você deve estar conectado via cabo serial.
- Configure a variável de ambiente do boot para carregar uma imagem via tftp.

configure o seguinte script na CLI (*Command Line Interface*) do bootloader na BBB:

```
U-Boot# setenv app "setenv autoload no;setenv ipaddr 10.4.1.2;setenv serverip 10.4.1.1;tftp 0x80000000 \
/tftpboot/download.bin;echo ***Booting to BareMetal***;go 0x80000000"
```

em seguida execute o script:

```
U-Boot# run app
```

...e temos o primeiro sistema rodando na placa BBB...

```

Net: <ethaddr> not set. Validating first E-fuse MAC
cpsw
Hit any key to stop autoboot: 0
U-Boot#
U-Boot#
U-Boot#
U-Boot#
U-Boot# set uenvcmd "setenv autoload no;dhcp; setenv serverip 192.168.0.181;;tftp 0x80000000 /tftpboot/download.bin;echo *** Booting to BareMetal ***"
U-Boot# run uenvcmd
link up on port 0, speed 100, full duplex
BOOTP broadcast 1
BOOTP broadcast 2
BOOTP broadcast 3
DHCP client bound to address 192.168.0.144 (3001 ms)
link up on port 0, speed 100, full duplex
Using cpsw device
TFTP from server 192.168.0.181; our IP address is 192.168.0.144
Filename '/tftpboot/download.bin'.
Load address: 0x80000000
Loading: ###
          989.3 KiB/s
done
Bytes transferred = 11144 (2b88 hex)
*** Booting to BareMetal ***
## Starting application at 0x80000000 ...


##### 
# # # # # # # # # # 
# # # # # # # # # # 
##### 
# # # # # # # # # # 
# # # # # # # # # # 
##### 
##### BeagleBone Black
Application running: 0

```

Figura 3: Primeiro sistema rodando na BBB.