

Guida porting RTEMS su Raspberry Pi

Clark Ezpeleta

1 Introduzione

Guida per l'installazione di RTEMS RSB e della tool-suite per l' utilizzo del kernel di RTEMS su architetture ARM, con target i BSP di Raspberry Pi 1 e Raspberry Pi 2, quest'ultimo è compatibile con la Raspberry pi 3.

L' RSB (RTEMS Source Builder) è un tool utile per buildare i moduli di RTEMS e delle BSP da utilizzare.

La BSP (Board Support Package) è il codice di supporto per una specifica scheda, esso contiene librerie di RTEMS utili per l'utilizzo della scheda.

RTEMS è un progetto open source in perenne sviluppo, al momento stanno sviluppando la v6 ma non è ancora stabile, e al momento della redazione di questa guida si installerà la v5.1 che è release stabile più recente.

In questa guida viene usato il sistema operativo Ubuntu LTS 20.04.

2 Configurazione iniziale del sistema

Prima di iniziare l'installazione di RTEMS RSB e della tool-suite bisogna configurare l'ambiente di sviluppo.

Procediamo con l'installazione dei seguenti packages:

- build-essential :

```
1 $ sudo apt-get install build-essential
```

- git:

```
$ sudo apt-get install git
```

- python-dev:

```
1 $ sudo apt-get install python-dev
```

```
2
```

A questo punto definiamo la struttura delle cartelle in cui verranno installati i componenti di RTEMS.

- \$HOME/rtems-dev : base directory
- \$HOME/rtems-dev/src : base directory dove vengono clonati da git il codice sorgente di RTEMS e la RSB di RTEMS
- \$HOME/rtems-dev/src/rsb : RTEMS source builder
- \$HOME/rtems-dev/src/rtems : RTEMS tool-suite
- \$HOME/rtems-dev/rtems/ : dove verrà installata la tool-suite di RTEMS
- \$HOME/rtems-dev/build : dove verranno installate i BSP di Rpi1 e Rpi2

3 Installazione RTEMS

Dopo aver preparato l'ambiente di sviluppo, possiamo procedere con l'installazione di RTEMS:

- Cloniamo i repository del RTEMS RSB e del codice sorgente di RTEMS :

```
1 $ mkdir -p $HOME/rtems-dev/src
2 $ cd $HOME/rtems-dev/src
3 $ git clone -b 5.1 git://git.rtems.org/rtems-source-builder.git rsb
4 $ git clone -b 5.1 git://git.rtems.org/rtems.git
```

- Eseguiamo la build e l'installazione della tool suite utilizzando la RSB :

```
1 $ cd $HOME/rtems-dev/src/rsb/rtems
2 $ ../source-builder/sb-set-builder --prefix=$HOME/rtems-dev/rtems/5 \
3 5/rtems-arm
```

- Dopo aver completato l'installazione possiamo controllare che il C cross compiler di RTEMS sia stato installato correttamente utilizzando il seguente comando:

```
1 $ $HOME/rtems-dev/rtems/5/bin/arm-rtems5-gcc --version
```

e si ha come risultato:

```
clark@clark-ezpe-pc:~/Scrivania/RTEMS-Rpi3B$ $HOME/rtems-dev/rtems/5/bin/arm-rtems5-gcc --version
arm-rtems5-gcc (GCC) 7.5.0 20191114 (RTEMS 5, RSB 5 (46e9d4911f09 modified), Newlib 7947581)
Copyright (C) 2017 Free Software Foundation, Inc.
This is free software; see the source for copying conditions. There is NO
warranty; not even for MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE.
```

- Inseriamo nelle variabili di ambiente i comandi della toolchain e procediamo con il bootstrap :

```
1 $ export PATH=$HOME/rtems-dev/rtems/5/bin:$PATH (3.1)
2 $ cd $HOME/rtems-dev/src/rtems
3 $ ./rtems-bootstrap
```

- Adesso possiamo configurare ed installare le BSP che ci servono:

```
1 $ mkdir -p $HOME/rtems-dev/build
2 $ cd $HOME/rtems-dev/build
3 $ $HOME/rtems-dev/src/rtems/configure \
4   --prefix=$HOME/rtems-dev/rtems/5 \
5   --target=arm-rtems5 \
6   --enable-rtemsbsp="raspberrypi raspberrypi2" \
7   --enable-tests=samples --enable-networking --enable-posix
8 $ make
9 $ make install
```

Svolti tutti i passaggi precedenti abbiamo come risultato RTEMS installato sul computer host.

4 Prova sample test RTEMS

Installando le BSP, RTEMS ci fornisce dei sample test .exe da cui possiamo generare i file .img e utilizzarli per testare il funzionamento della raspberry

I sample test sono in :

- rpi 1:

```
1 $ $HOME/rtems-dev/build/arm-rtems5/c/raspberrypi1/testsuites/samples
```

- rpi 2 e 3:

```
1 $ $HOME/rtems-dev/build/arm-rtems5/c/raspberrypi2/testsuites/samples
```

In questa guida utilizziamo il sample 'ticker.exe', ma i passaggi che verranno illustrati valgono anche per gli altri sample presenti in cartella. Per poter utilizzare il sample test dobbiamo fare 2 passaggi:

- Creazione kernel file .img:

assicurarsi di avere come variabile di ambiente i comandi della tool-suite:

```
1 $ echo $PATH
```

se non è presente '\$HOME/rtems-dev/rtems/5/bin' allora bisogna inserirla (vedi comando 3.1).

posizionarsi nella cartella dove vogliamo che venga creato il file .img:

```
1 $ cd $HOME/rtems-dev/rtems
```

generare il file .img:

Per Rpi1:

```
1 $ arm-rtems5-objcopy -Obinary $HOME/rtems-dev/build/arm-rtems5/c  
2 /raspberrypi1/testsuites/samples/ticker.exe ticker.img
```

Per Rpi2 e Rpi3:

```
1 $ arm-rtems5-objcopy -Obinary $HOME/rtems-dev/build/arm-rtems5/c  
2 /raspberrypi2/testsuites/samples/ticker.exe ticker.img
```

- Configurare la SD card: copiamo nella scheda sd il firmware di Rpi (v4.19.11.3) compatibile con RTEMS. Il firmware può essere scaricato da questo link:

<https://github.com/raspberrypi/firmware/tree/5574077183389cd4c65077ba18b59144ed6ccd6d/boot>

Eliminiamo tutti i file kernel*.img, questi verranno sostituiti dal file kernel che abbiamo generato precedentemente. Copiamo nella sd il file ticker.img creato precedentemente. Creiamo nella sd il file config.txt che contiene il seguente testo:

```
1 enable_uart=1  
2 kernel_address=0x200000  
3 kernel=ticker.img
```

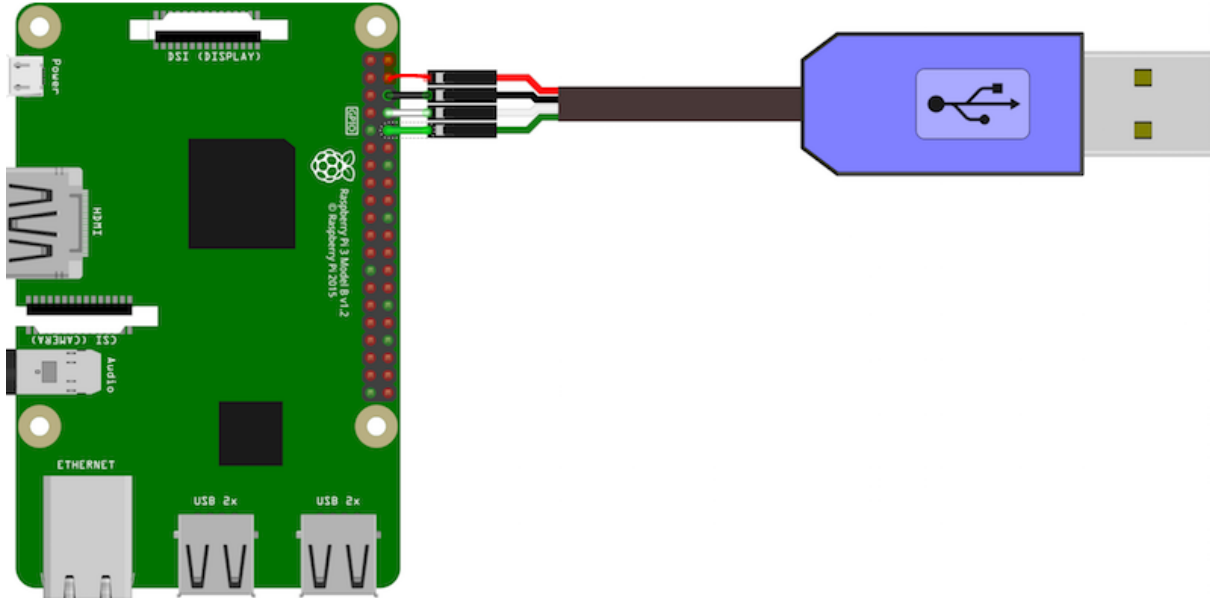
Nel campo kernel mettiamo il nome del kernel file che vogliamo che rpi esegua.

A questo punto siamo pronti con il test.

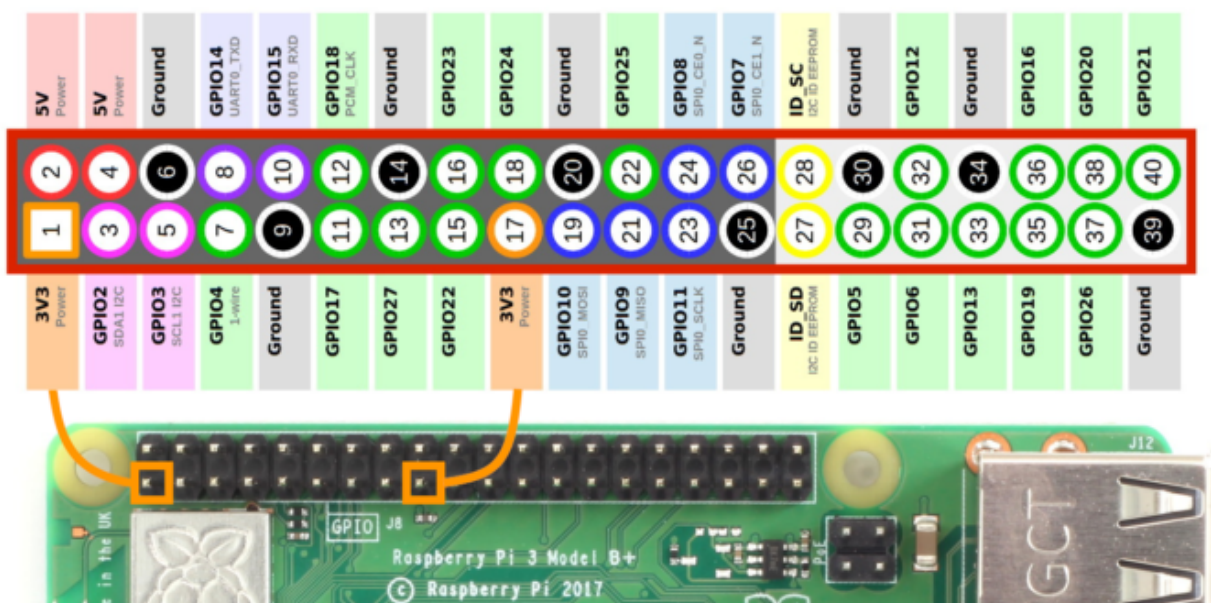
Per poter vedere la log della UART dobbiamo installare minicom:

```
1 $ sudo apt-get install minicom
```

Collegiamo il convertitore UART alla Rpi :



dove i GPIO pin sono :



Collegiamo la chiavetta USB al computer ed eseguiamo il comando per vedere la log della UART :

```
1 $ sudo minicom -b 115200 -D /dev/serial/  
2 by-id/<indirizzo periferica utilizzata per UART di solito un USB TTL>
```

il risultato dovrebbe essere simile a questo:

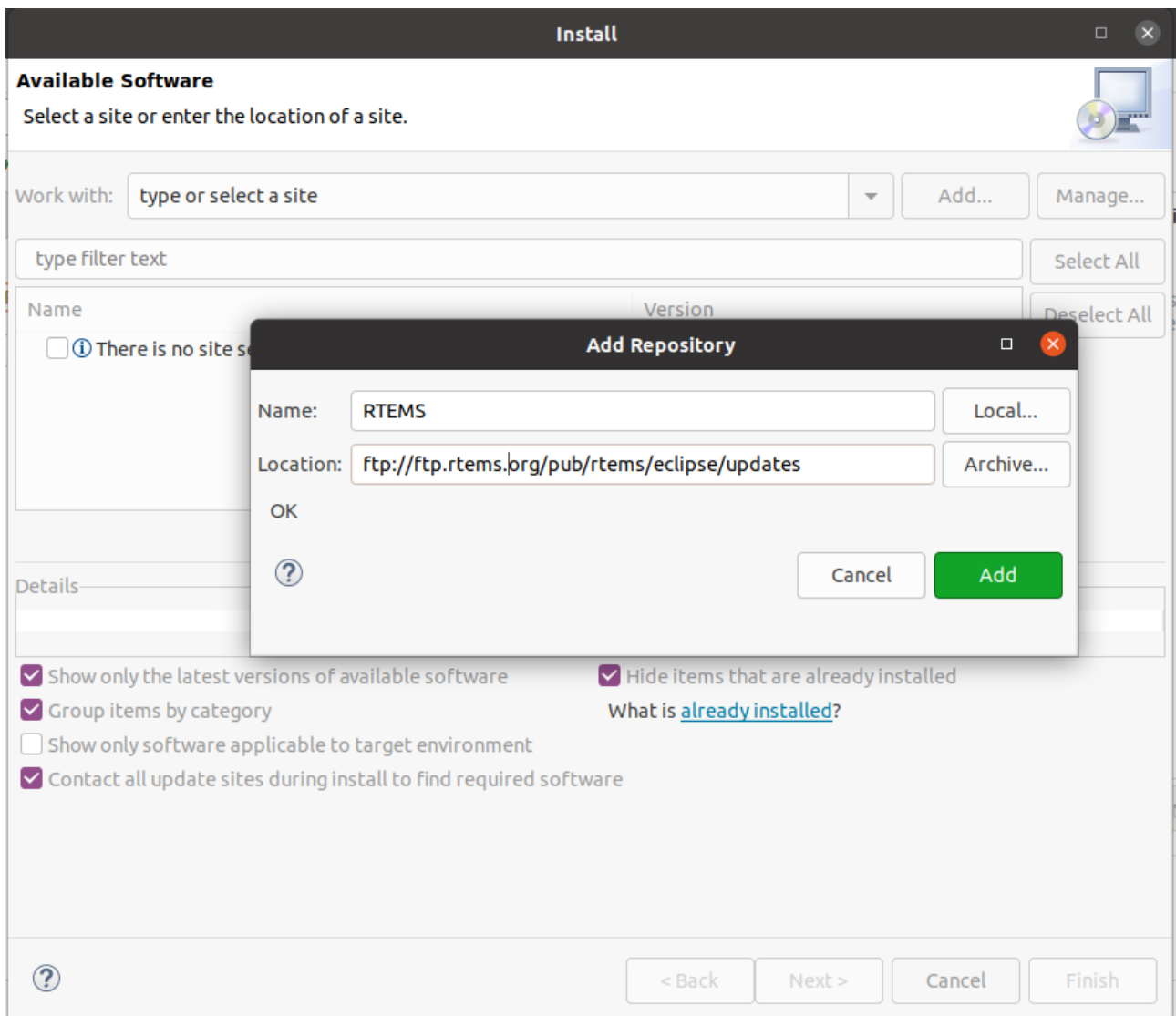
```
RTEMS RPi 3B+ 1.3 (1GB) [00a020d3]  
  
*** BEGIN OF TEST CLOCK TICK ***  
*** TEST VERSION: 5.0.0.61ccb9c05dcd695114541960aa6bfc1315f30514  
*** TEST STATE: EXPECTED_PASS  
*** TEST BUILD: RTEMS_NETWORKING RTEMS_POSIX_API  
*** TEST TOOLS: 7.5.0 20191114 (RTEMS 5, RSB 5 (46e9d4911f09 modified), Newlib 7947581)  
TA1 - rtems_clock_get_tod - 09:00:00 12/31/1988  
TA2 - rtems_clock_get_tod - 09:00:00 12/31/1988  
TA3 - rtems_clock_get_tod - 09:00:00 12/31/1988  
TA1 - rtems_clock_get_tod - 09:00:04 12/31/1988  
TA1 - rtems_clock_get_tod - 09:00:09 12/31/1988  
TA2 - rtems_clock_get_tod - 09:00:10 12/31/1988  
TA1 - rtems_clock_get_tod - 09:00:14 12/31/1988  
TA3 - rtems_clock_get_tod - 09:00:15 12/31/1988  
TA1 - rtems_clock_get_tod - 09:00:19 12/31/1988  
TA2 - rtems_clock_get_tod - 09:00:20 12/31/1988  
TA1 - rtems_clock_get_tod - 09:00:24 12/31/1988  
TA1 - rtems_clock_get_tod - 09:00:29 12/31/1988  
TA3 - rtems_clock_get_tod - 09:00:30 12/31/1988  
TA2 - rtems_clock_get_tod - 09:00:30 12/31/1988  
TA1 - rtems_clock_get_tod - 09:00:34 12/31/1988  
  
*** END OF TEST CLOCK TICK ***  
  
*** FATAL ***  
fatal source: 5 (RTEMS_FATAL_SOURCE_EXIT)  
fatal code: 0 (0x00000000)  
RTEMS version: 5.0.0.61ccb9c05dcd695114541960aa6bfc1315f30514  
RTEMS tools: 7.5.0 20191114 (RTEMS 5, RSB 5 (46e9d4911f09 modified), Newlib 7947581)  
executing thread ID: 0x08a01002  
executing thread nam  
RTEMS RPi 3B+ 1.3 (1GB) [00a020d3]
```

5 Configurazione Eclipse C/C++

Per creare i file sorgenti per programmi di RTEMS possiamo utilizzare l'IDE Eclipse C/C++ scaricabile da questo link : <https://www.eclipse.org/downloads/packages/>

Una volta installato Eclipse C/C++ bisogna installare il plugin di RTEMS:

- Andiamo su Help, Install New Software
- Aggiungiamo come Software site quello di RTEMS, quindi clicchiamo add e inseriamo il seguente url <ftp://ftp.rtems.org/pub/rtems/eclipse/updates>

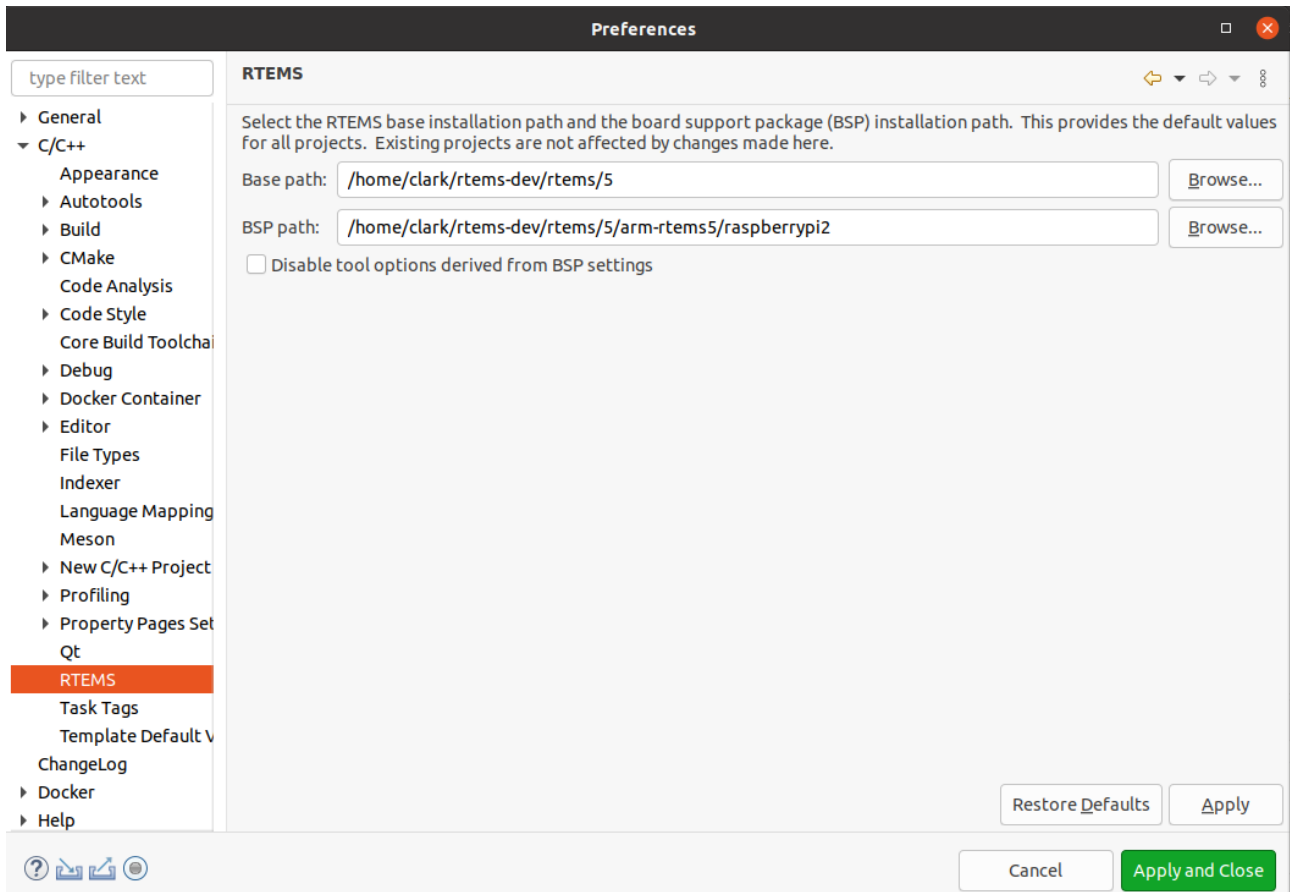


- Selezioniamo il plugin RTEMS CDT Support e installiamo

A questo punto abbiamo installato il plugin di RTEMS ed è pronto ad essere utilizzato.

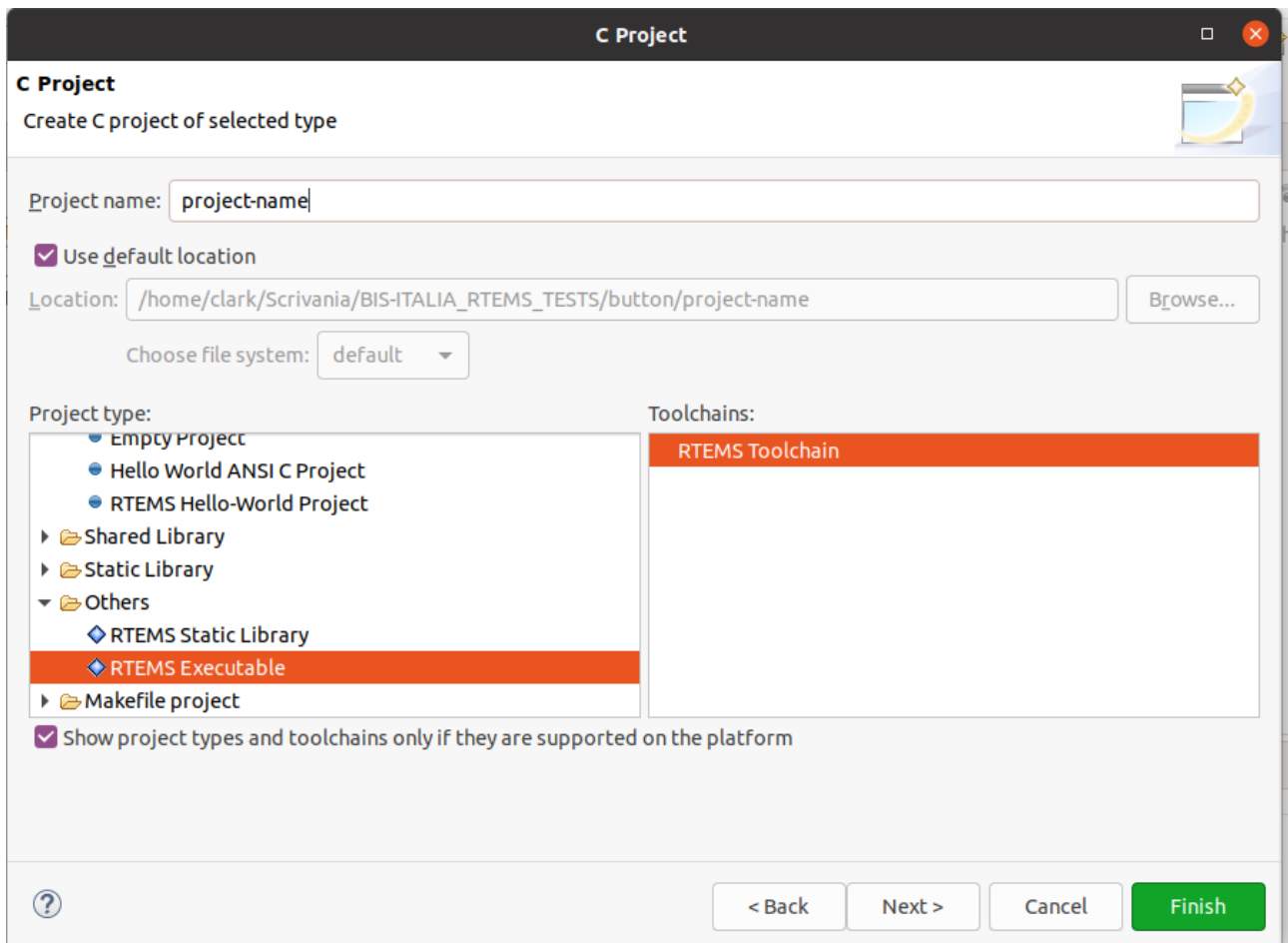
Quando creiamo un progetto RTEMS bisogna configurare la base e il BSP path di RTEMS in modo che si riesca ad utilizzare le librerie che ci servono:

- Window → Preferences → C/C++ → RTEMS
- Base path : base path dell'installazione , nel nostro caso `home/username;/rtems-dev/rtems/5`
- BSP path : path dell'installazione della BSP, nel nostro caso `home/username;/rtems-dev/rtems/5/arm-rtems5/raspberrypi2` (o 1 se si utilizza Rpi1)



Abbiamo completato la configurazione del plugin di RTEMS su Eclipse C, adesso possiamo procedere alla creazione di un progetto RTEMS:

- New project→ C Project
- Selezionare il project type corretto: Others→ RTEMS Executable
- Selezionare la Toolchain corretta : RTEMS Toolchain



Possiamo controllare che il progetto è stato creato correttamente controllando le sue properties → C/C++ Build → RTEMS i path siano quelli corretti.

6 Prova con Eclipse C/C++

Possiamo adesso fare un semplice programma di prova "hello world", creiamo 2 file sorgenti: - init.c : conterrà il task principale (Init) che è il task di "ingresso". - system.c : conterrà il codice di configurazione di RTEMS.

in init.c inseriamo il seguente codice:

```
1 /* Hello world example */
2 #include <rtems.h>
3 #include <stdlib.h>
4 #include <stdio.h>
5 #include <bsp/mmu.h>
6
7 rtems_task Init(rtems_task_argument ignored) {
8     printf("\n\n*** HELLO WORLD TEST ***\n");
9     printf("Hello World\n");
10    printf("*** END OF HELLO WORLD TEST ***\n");
11    exit(0);
12 }
```

in system.c inseriamo il seguente codice :

```
1
2 /* Simple RTEMS configuration */
3
4 #define CONFIGURE_APPLICATION_DOES_NOT_NEED_CLOCK_DRIVER
5 #define CONFIGURE_APPLICATION_NEEDS_SIMPLE_CONSOLE_DRIVER
6
7 #define CONFIGURE_UNLIMITED_OBJECTS
8 #define CONFIGURE_UNIFIED_WORK_AREAS
9
10 #define CONFIGURE_RTEMS_INIT_TASKS_TABLE
11
12 #define CONFIGURE_INIT
13
14 #include <rtems/confdefs.h>
```

per una migliore comprensione del codice si rimanda ai seguenti link:

- per le api:
<https://devel.rtems.org/browser/rtems/bsps/arm/raspberrypi>
- per la configurazione di rtems su codice (system.c):
https://ftp.rtems.org/pub/rtems/people/joel/docs-eng/c-user/configuring_a_system.html

A questo punto possiamo buildare il programma, e nella cartella del progetto troveremo la cartella 'RTEMS Executable Configuration' che contiene il file .exe che utilizzeremo per creare il file .img da mettere nella scheda SD. I passaggi per la creazione del file .img sono sopracitati.

7 Creazione file kernel senza IDE

Se si vuole creare il file .img partendo dai file sorgente allora dobbiamo usare i seguenti comandi nel terminale:

- ci posizioniamo nella cartella dove ci sono i file sorgenti.
- eseguiamo i comandi del cross compiler di RTEMS su tutti i file .c:

```
1 $ $HOME/rtems-dev/rtems/5/bin/arm-rtems5-gcc -B \
2 $HOME/rtems-dev/rtems/5/arm-rtems5/raspberrypi2/lib/ \
3 -specs bsp_specs -qrtems -ffunction-sections -fdata-sections \
4 -march=armv7-a -mthumb -mfpu=neon -mfloat-abi=hard \
5 -mtune=cortex-a7 -Os -g -Wall -c -fmessage-length=0 -pipe -MMD \
6 -MP -MF"init.d" -MT"init.o" -o "init.o" "../init.c"
```

- utilizziamo il linker per la creazione del file .exe :

```
1 $ $HOME/rtems-dev/rtems/5/bin/arm-rtems5-gcc -B \
2 $HOME/rtems-dev/rtems/5/arm-rtems5/raspberrypi2/lib/ \
3 -specs bsp_specs -qrtems -ffunction-sections -fdata-sections \
4 -march=armv7-a -mthumb -mfpu=neon -mfloat-abi=hard \
5 -mtune=cortex-a7 -Wl,--gc-sections \
6 -o "hello-rpi.exe" ./init.o ./system.o
```

a questo punto possiamo creare il file .img e copiarlo sulla scheda sd e fare i passaggi già esposti precedentemente.

8 Sitografia

- Documentazione RTMES :
<https://docs.rtems.org/branches/master/user/index.html>
- Guida RTEMS di Giorgio :
<https://gist.github.com/giorgiobasile/1c1930a8a3ff8e36061cd7f4ef83da95>
- Sito spiegazione porting RTEMS (Alan Tech):
<http://alanstechnotes.blogspot.com/2013/03/rtems-on-raspberry-pi.html>
- Documentazione API RTEMS:
<https://docs.rtems.org/branches/master/c-user/index.html>