这是道哥的第011篇原创



# 前言

前一段时间因为工作需要，我对ARM模拟器进行了一番调研。调研目的是：由于项目参与人员比较多，如果人手一块ARM开发板，资源比较紧张，希望能够用模拟器来代替。

在调研期间，花费了很多时间去查资料、测试验证。在实际验证的时候，发现一个现象：很多文章虽然给出了或简单、或详细的操作步骤，但是大部分都没有写清楚操作的背景、各个软件的版本，这就导致需要把整个文章看完了、把所有的操作步骤都做了一遍，才明白作者想表达的是什么意思，操作的目的是什么。

我觉得，任何一篇文章，首先要让读者知道为什么要读这篇文章，或者说读了这篇文章能够有什么收获。

如果是操作性比较强的文章，那么就有必要交代清楚工作平台的背景是什么，要达到的目的是什么，总体步骤是怎么样的。只有这样，阅读文章的人在心中首先建立一个宏观的框架，在理解框架的基础上，再去实际操作，这样的话就更容易理解。

当然了，每个人的学习和阅读习惯都不一样，上面只是我个人的感受，或者说我喜欢这样比较有条理的文章，这样才不至于迷茫。

回到Qemu的主题上来，这篇文章主要是把调研的结果进行梳理、汇总，包括如下内容：

> 为什么需要ARM模拟系统?
> Qemu是什么?
> Qemu 能做什么？或者说适合做什么?
> 在 Ubuntu16.04 系统中，利用 Qemu 搭建一个ARM虚拟机操作步骤是什么?
> 编写一个HelloWorld程序，放到虚拟机中执行。

# 为什么需要ARM模拟系统

ARM平台的软件开发工作，可以划分为2类：

> 应用程序的开发
> 系统开发(内核、文件系统、驱动程序)

## 应用程序的开发

我们在开发嵌入式项目的时候，一般都是先在x86平台上把大部分的功能开发完成，然后再交叉编译，得到在ARM平台的可执行程序或者库文件。再通过scp指令或者NFS远程挂载的方式，把这些文件复制到ARM板子上之后执行。

一般而言，应用程序就是利用硬件产品的各种资源、外设，来完成特定的功能，比如：数据采集、控制外部设备、网络传输等等。主要的特征就是与外部的各种设备进行交互。

## 系统开发(BSP)

系统开发的最终目的是：为应用程序的执行准备一个基本的执行环境，内容包括：系统引导程序bootloader，内核kernel，文件系统rootfs，系统中所有设备的驱动程序。在实际的项目开发中，系统开发难度更大一些，一旦开发完成，对于一块板子来说基本上不会轻易变动，代码的使用生命周期更长。

以上这两种分类，主要是从开发工作的内容角度来进行划分的。可以看出：

> 应用程序开发：灵活性更大、需求变动会更多(产品经理或项目经理经常给你改需求)。
> 系统软件开发：需求更稳定、很多代码都是官方提供或者开源的，工作内容就是进行定制、裁剪。

对于系统软件开发来说，如果每次编译出一个bootloader、或者kernel，都上一个ARM开发板进行验证，的确比较麻烦。如果能有一个ARM模拟系统，直接在x86上进行模拟，工作效率就会提高很多。

# Qemu是什么?

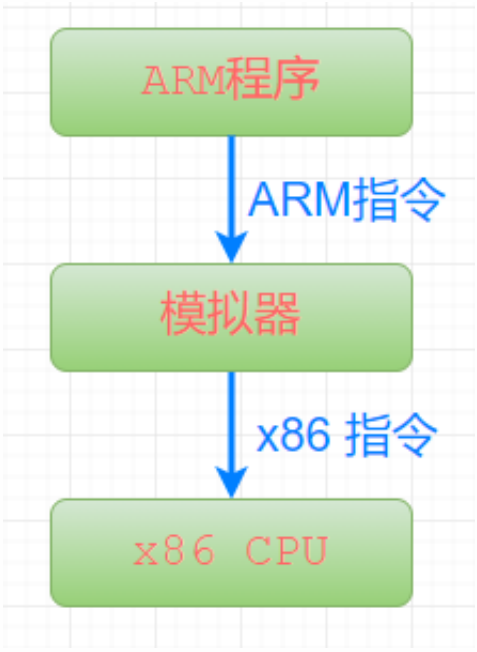
Qemu是一个开源的托管虚拟机，通过纯软件来实现虚拟化模拟器，几乎可以模拟任何硬件设备。比如：Qemu可以模拟出一个ARM系统中的：CPU、内存、IO设备等，然后在这个模拟层之上，可以跑一台ARM虚拟机，这个ARM虚拟机认为自己在和硬件进行打交道，但实际上这些硬件都是Qemu模拟出来的。


正因为Qemu是纯软件实现的，所有的指令都要经过它的转换，所以性能非常低。所以在生产环境中，大多数的做法都是配合KVM来完成虚拟化工作，因为KVM是硬件辅助的虚拟化技术，主要负责比较繁琐的CPU和内存虚拟化，而Qemu则负责I/O虚拟化，两者合作各自发挥自身的优势，相得益彰。这部分不是重点，就不具体深入介绍了。

## Qemu的两种模式

Qemu有两种执行模式：

1. 用户模式(User mode)：利用动态代码翻译机制来执行不同主机架构的代码，例如：在x86平台上模拟执行ARM代码，也就是说：我们写一条ARM指令，传入整个模拟器中，模拟器会把整个指令翻译成x86平台的指令，然后在x86的CPU中执行。




2. 系统模式(System mode)：模拟整个电脑系统，利用其它VMM(Xen, KVM)来使用硬件提供的虚拟化支持，创建接近于主机性能的全功能虚拟机。


## Qemu 能做什么？或者说适合做什么？

因为Qemu是使用纯软件模拟的，它的强项是模拟那些不涉及到外部的具体硬件设备的场景，比如：

> 想学习如何定制bootloader；
> 想在Arm系统中进行文件系统的裁剪，学习文件系统的挂载过程；
> 想体验一下如何配置、裁剪linux kernel；
> 想学习Linux系统中的设备树；
> ...

以上这些场景中，都非常适合使用Qemu来模拟ARM系统。

# 在 Ubuntu16.04 系统中，利用 Qemu 搭建一个ARM虚拟机

## 使用Qemu虚拟机的几种选择

利用Qemu来运行ARM虚拟机，你有2个选择：

> 1. 简单方式：直接下载别人编译好的映像文件(包含了内核，根文件系统)，直接执行即可。
>
> 缺点是：别人编译好的也许不适合你的需求，没法定制。
> 2. 复杂方式：自己下载内核代码、根文件系统代码(例如：busybox)，然后进行编译。
>
> 优点是：可以按照自己的实际需求，对内核、根文件系统机型裁剪。

在第2种复杂模式中，又可以有2个选择：

> 2-1. 内核代码、根文件系统代码全部自己手动编译，最后把这些编译结果手动组织在一个文件夹中，形成自己的根目录；
> 2-2. 利用 buildroot 整个框架，只需要手动进行配置(比如：交叉编译器在本机上的位置、输出路径、系统的裁剪)，然后就可以一键编译出一个完整的系统，可以直接烧写到机器!

以上这几种操作方式的选择，可以根据自己的实际需要来选择。如果对构建系统的整个流程已经非常熟悉了，就利用buildroot工具；如果是想更彻底的学习制作一个系统，那就手动一步一步的实际编译、操作一遍，多练几次，你就变成大牛了。

下面，我们就按照2-2的方式，进行实际操作一遍。所有的指令部分，我都直接贴代码，不用截图，这样方便复制。

## 测试平台

我的工作电脑是Win10，通过VirtualBox安装了Ubuntu16.04虚拟机，64位系统。

下面的操作在Ubuntu16.04虚拟机中可以顺利编译，当然，一些基本的工具(例如：build-essential, make等基础工具软件这里就不详述了)。

## 安装交叉编译器

交叉编译器的作用就不需要详细解释了，因为我们是在x86平台上进行编译，而运行的平台是ARM系统，这2个平台的指令集不一样，所以需要交叉编译得到ARM系统上可以执行的程序。

```
sudo apt-get install gcc-arm-linux-gnueabi
```

验证安装结果

```
dpkg -l gcc-arm-linux-gnueabi
```

显示如下：

```
||/ Name                  Version          Architecture     Description
+++-=====================-================-================-=========================================
ii  gcc-arm-linux-gnueabi  4:5.3.1-1ubuntu1 amd64            GNU C compiler for the armel architecture
```

有些文章建议自己下载交叉编译器，然后手动设置环境变量。我实际操作了一下，手动下载的交叉编译工具链在编译内核的时候报错，所以还是建议直接用apt-get直接安装。

## 编译内核kernel

内核kernel的作用也是不言而喻的，就相当于我们的Windows操作系统，没有这个操作系统，硬件就是一堆废铁。当系统启动的时候，会把内核加载到内存中，然后从内核的入口地址开始执行。

1. 下载内核
   版本：linux-4.14.212.tar。
   在文末，我会列出所有的软件包下载地址。
2. 使用现成的vexpress开发板子的config文件

```
make CROSS_COMPILE=arm-linux-gnueabi- ARCH=arm vexpress_defconfig
```

这个操作，会把vexpress_defconfig作为配置文件保存为.config，下面在编译内核时就根据这个config中的配置进行编译。

如果需要对内核进行裁剪，执行：

```
make menuconfig
```

根据自己的实际需要，对内核进行定制。比如：可以配置网络和NFS，在系统启动的时候就自动挂载宿主机中的某个目录。

3. 编译内核

```
make CROSS_COMPILE=arm-linux-gnueabi- ARCH=arm
```

编译得到内核文件arch/arm/boot/zImage，Qemu启动时需要指定使用这个映像文件。

## 制作根文件系统

内核在启动之后、执行到最后步骤时，需要挂载根文件系统，然后执行文件系统中指定的执行程序，例如：/etc/rc.local。

如果没有跟文件系统，那么内核在执行到最后就提示：panic...。

1. 下载busybox

版本：busybox-1.20.2.tar.bz2。

2. 创建rootfs根目录

```
mkdir -p rootfs/{dev,etc/init.d,lib}
```

3. 把busybox-1.20.2中的文件复制到rootfs根目录下，主要是一些基本的命令

```
cp busybox-1.20.2/_install/* -r rootfs/
```

4. 把交叉编译工具链中的库文件复制到rootfs根目录的lib文件夹下

```
sudo cp -P /usr/arm-linux-gnueabi/lib/* rootfs/lib/
```

5. 制作根文件系统镜像
根文件系统镜像就相当于一个硬盘，就是把上面rootfs根目录中的所有文件复制到这个硬盘中。

(1) 生成512M大小的磁盘镜像

```
qemu-img create -f raw disk.img 512M
```

(2) 把磁盘镜像格式化成ext4文件系统

```
mkfs -t ext4 ./disk.img
```

(3) 将rootfs根目录中的所有文件复制到磁盘镜像中
操作步骤是：创建挂载点-挂载-复制文件-卸载。

```
mkdir tmpfs
sudo mount -o loop ./disk.img tmpfs/
sudo cp -r rootfs/* tmpfs/
sudo umount tmpfs
```

(4) 使用file指令检查一下

```
file disk.img
```

```
disk.img: Linux rev 1.0 ext4 filesystem data, UUID=f3b914f1-f5cd-4494
-962b-97fc688afe9f (extents) (large files) (huge files)
```

## 利用Qemu启动ARM虚拟机

1.启动虚拟机

这个命令有点长，测试时建议直接复制、粘贴。

```
qemu-system-arm -M vexpress-a9 -m 512M -kernel ./linux-
4.14.212/arch/arm/boot/zImage -dtb  ./linux-
4.14.212/arch/arm/boot/dts/vexpress-v2p-ca9.dtb -nographic -append
"root=/dev/mmcblk0 rw console=ttyAMA0" -sd disk.img
```

2.停止虚拟机
在Ubuntu另一个终端窗口中，通过killall指令来停止。

```
killall qemu-system-arm
```

当然，也可以用ps指令找到qemu-system-arm的进程号，然后通过kill -9来停止虚拟机。

## 测试HelloWorld应用程序

1. 在Ubuntu任意一个目录，编写HelloWorld可执行程序hello.c：

```
#include <stdio.h>
int main()
{
    printf("HelloWorld! \n");
    return 0;
}
```

2. 交叉编译hello.c，得到可执行程序hello：

```
arm-linux-gnueabi-gcc hello.c -o hello
```

通过file指令，查看一下hello程序：

```
file hello
```

```
hello: ELF 32-bit LSB executable, ARM, EABI5 version 1 (SYSV), dyna
mically linked, interpreter /lib/ld-linux.so.3, for GNU/Linux 3.2.0
, BuildID[sha1]=765500b8549a507268deede47639aa98d09d80d6, not strip
ped
```

3. 通过kill命令停止虚拟机。
4. 把hello可执行程序复制到磁盘镜像disk.img中
   操作步骤是：挂载-复制文件-卸载。

```
sudo mount -o loop ./disk.img tmpfs/
cp hello tmpfs/
sudo umount tmpfs
```

5. 执行hello程序
   再次启动虚拟机，此时可以在根目录下面看到hello文件，直接执行即可看到输出结果。

# 公众号【IOT物联网小镇】

## 总结

在以上的操作步骤中，我们把一个ARM系统在启动应用程序之前，所需要的程序都手动编译、操作了一遍。看一遍很容易就明白，亲手操作一遍印象会更深刻。

这里的操作过程有些还需要继续深入，比如：在系统启动之后，自动挂载宿主机(Ubuntu系统)中的某个文件夹，这样就可以把hello等可执行程序复制到挂载目录中，然后在ARM系统中直接执行了，而不用再执行下面在一连串的操作(停止虚拟机-挂载磁盘镜像-复制文件-卸载-启动虚拟机)。

最后，希望这篇总结能给你带来小小的收获和提升！

## 软件下载地址

1. linux-4.14.212.tar.xz
   链接：https://pan.baidu.com/s/1d8RxjMkYQhPtbZgiybD8Gw
   提取码：b6ft
2. busybox-1.20.2.tar.bz2
   链接：https://pan.baidu.com/s/1oPeH7juEWuFR6y1Qpna_BA
   提取码：9kh6



## 【原创声明】

> 作者：道哥(公众号: IOT物联网小镇)
>
> 知乎：道哥
>
> B站：道哥分享
>
> 掘金：道哥分享
>
> CSDN：道哥分享

如果觉得文章不错，请转发、分享给您的朋友。

我会把十多年嵌入式开发中的项目实战经验进行总结、分享，相信不会让你失望的！

长按下图二维码关注，每篇文章都有干货。

## 推荐阅读

[1] 原来gdb的底层调试原理这么简单
[2] 生产者和消费者模式中的双缓冲技术
[3] 深入LUA脚本语言，让你彻底明白调试原理
[4] 一步步分析-如何用C实现面向对象编程