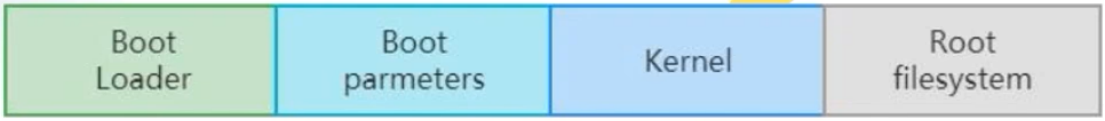
嵌入式Linux系统组成

一个完整的嵌入式Linux系统，包含uboot，Linux内核，根文件系统三个部分。其启动顺序为，在系统刚一上电的时候，先执行uboot，由uboot引导Linux内核，内核启动成功以后挂载根文件系统。从这一期开始，我们来学习根文件系统的相关知识。



什么是文件系统（组织和管理系统文件）

什么是文件系统？

讲什么是文件系统，我们就可以将他分成俩个部分，一部分是文件，一部分是系统。那文件系统是不是可以理解成是用来组织和管理文件的一个系统呢。有了文件系统以后，就可以轻松的操作存储在存储介质的文件。比如删除一个文件，新增一个文件等。

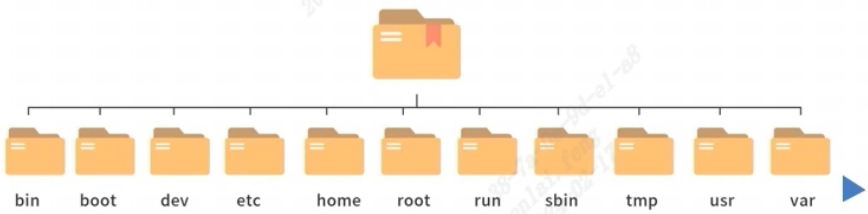
文件系统的格式（类型）有很多种，如fat32，ext2，ext3，ntfs等。

什么是根文件系统

什么是根文件系统呢？

根文件系统也是文件系统。何为根呢？根是不是就是最顶端呀。最顶端称之为根。在Linux上用”/”来表示。然后将一个按照特定目录组成的文件系统挂载到根上。那这个文件系统就叫做根文件系统。

所以根文件系统是一个挂载在Linux系统根目录下的，有特定目录组成的文件系统。



根文件系统目录介绍

根文件系统目录介绍

1 /bin目录
该目录下主要是存放Linux命令，这些可以被root和普通用户所使用，/bin目录下常用的命令有：
cat、chgrp、 chmod、 cp、 ls、 sh、 kill、 mount、 umount、 mkdir等。

2 /sbin目录
该目录下存放的是系统命令，只有系统管理员（俗称最高权限的 root） 能够使用的命令，除此之外系统命令还可以存放在/usr/sbin，/usr/local/sbin 目录下。
/sbin 目录下常用的命令有：shutdown、 reboot、 fdisk、 fsck、 init等。

3 /dev目录
该目录下存放的是设备接口的文件， 设备文件是 Linux 中特有的文件类型，在 Linux 系统下，一些皆文件。所以以文件的方式访问各种设备，即通过读写某个设备文件操作某个具体硬件。比如通过“dev/ttySAC0”文件可以操作串口0等。

4 /etc目录
该目录下存放着系统主要的配置文件。

5 /lib目录
Lib是library的简称，也就是库的意思，因此此目录下存放着Linux所必须的库文件。

6 /home目录
系统默认的用户文件夹， 它是可选的， 对于每个普通用户， 在/home目录下都有一个以用户名命名的子目录，里面存放用户相关的配置文件。

7 /root目录
系统管理员（root）的主文件夹，即是根用户的目录，与此对应，普通用户的目录是/home 下的某个子目录。

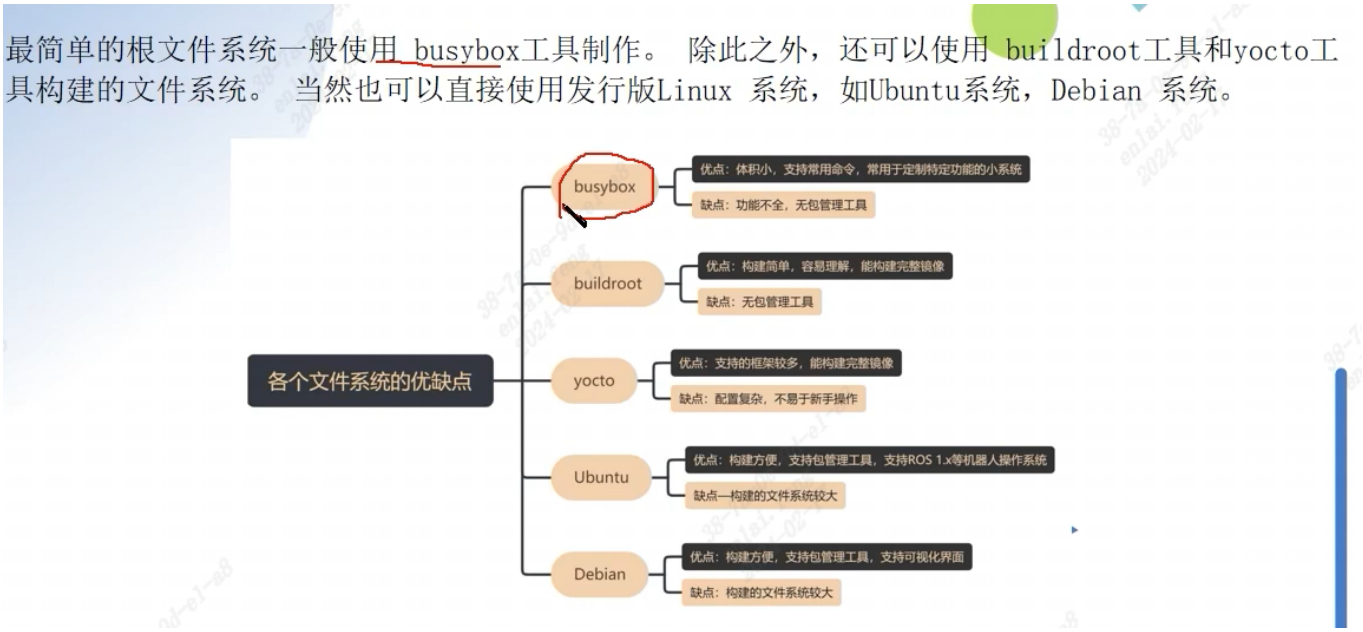
8 /usr目录
usr是unix shared resources(共享资源)的缩写，用来存放用户的应用程序和文件。

9 /var目录
var是variable(变量)的缩写，/var目录中存放可变的数据，如日志文件。

10/proc目录
这是一个空目录，常作为 proc 文件系统的挂接点。

11 /mnt目录
用于临时挂载某个文件系统的挂接点，通常是空目录，也可以在里面创建一引起空的子目录，比如/mnt/cdram /mnt/hda1。用来临时挂载光盘、 移动存储设备等。

12 /tmp目录
用于存放临时文件，通常是空目录，一些需要生成临时文件的程序用到的/tmp 目录下。



busybox

BusyBox 是一个将多个 UNIX 命令和工具集成到一个单一可执行文件中的软件。它被设计用于嵌入式系统，以减少磁盘占用和内存使用。BusyBox 提供了一个精简的环境，包含了一些最常用的命令行工具和工具程序，如 `ls`、`cp`、`mv`、`mount`、`telnet`、`httpd`、`init` 等。

BusyBox 可以配置为包含一组特定的工具，这取决于目标系统的需求和资源限制。这种配置性使得 BusyBox 非常适合用于资源受限的嵌入式系统。

在嵌入式 Linux 系统中，BusyBox 通常用作：

- **命令行接口**：提供标准的 Unix 命令行工具，用于系统管理和调试。
- **系统初始化**：作为 `init` 程序，负责启动系统并运行启动脚本。
- **替代完整的 GNU 工具链**：在资源受限的系统中，BusyBox 提供了一个比完整 GNU 工具链更轻量级的解决方案。

BusyBox 的安装和配置通常涉及以下步骤：

1. **配置**：可以通过图形化配置工具（如 `make menuconfig`）或手动编辑 `.config` 文件来选择要包含在 BusyBox 可执行文件中的命令和功能。
2. **编译**：使用交叉编译工具链编译 BusyBox，生成适用于目标嵌入式系统的二进制文件。
3. **安装**：将编译好的 BusyBox 二进制文件复制到目标系统的文件系统中的适当位置。
4. **创建符号链接**：为 BusyBox 可执行文件创建一组符号链接，每个链接对应于 BusyBox 支持的命令。这样，当用户尝试执行任何这些命令时，实际上都是执行的 BusyBox 可执行文件。

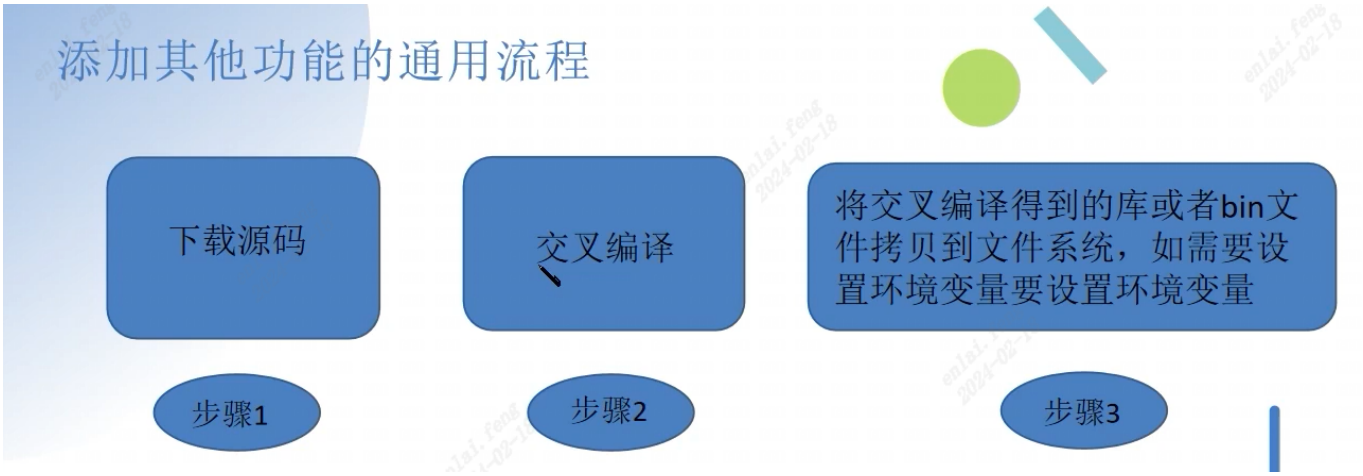
例如，如果你有一个名为 `busybox` 的可执行文件，你可以为 `ls` 命令创建一个符号链接，如下所示：

```
ln -s /bin/busybox /bin/ls
```

当你在命令行中输入 `ls` 时，系统会调用 `/bin/busybox`，并传递 `ls` 作为参数，BusyBox 会识别这个参数并执行相应的 `ls` 命令功能。

busybox打包

```
topeet@ubuntu:~/work/root$ mkdir rootfs
topeet@ubuntu:~/work/root$
topeet@ubuntu:~/work/root$ dd if=/dev/zero of=rootfs.img bs=1M count=300
300+0 records in
300+0 records out
314572800 bytes (315 MB, 300 MiB) copied, 0.669609 s, 470 MB/s
topeet@ubuntu:~/work/root$ ls
busybox-1.33.1  busybox-1.33.1.tar.bz2  rootfs  rootfs.img  sys  sys.tar.gz
topeet@ubuntu:~/work/root$ du sys -h
4.0K    sys/var
4.0K    sys/dev
12K     sys/etc/init.d
12K     sys/etc/hotplug
8.0K    sys/etc/rc.d
60K     sys/etc
4.0K    sys/proc
4.0K    sys/sys
42M     sys/lib/debug
211M    sys/lib
1020K   sys/bin
4.0K    sys/sbin
4.0K    sys/mnt
4.0K    sys/usr/bin
4.0K    sys/usr/sbin
12K     sys/usr
4.0K    sys/tmp
212M    sys
topeet@ubuntu:~/work/root$
```



交叉编译工具

交叉编译工具（Cross-Compiler）是一种编译器，能够为与编译器本身运行的平台（宿主系统）不同的平台（目标系统）生成可执行代码。这是在开发嵌入式系统或操作系统时常用的工具，因为这些系统的硬件平台（目标平台）通常与开发者使用的硬件（宿主平台）不同。

例如，如果你在一台 x86 架构的电脑上（宿主系统）开发一个针对 ARM 架构的嵌入式设备（目标系统）的软件，你会需要一个 x86 到 ARM 的交叉编译器。

交叉编译工具链的组成

一个典型的交叉编译工具链包括：

- **交叉编译器**（Cross-Compiler）：**将源代码编译成目标平台的机器代码。**
- **交叉汇编器**（Cross-Assembler）：将汇编语言转换为目标平台的机器代码。
- **链接器**（Linker）：将多个对象文件（编译器和汇编器生成的输出）链接成一个单一的可执行文件，解决符号引用和地址分配。
- **库**（Libraries）：目标平台的标准库和其他库文件，编译器和链接器会使用这些库来编译和链接程序。
- **调试器**（Debugger）：用于目标平台的调试工具，可以远程调试目标系统上运行的程序。

常见的交叉编译工具链

- **GNU Compiler Collection (GCC)**：提供了广泛支持的交叉编译器，可以编译 C、C++、Java、Fortran、Ada 等语言。
- **Clang/LLVM**：一个模块化和可重用的编译器和工具链技术的集合，支持多种编程语言。
- **CodeSourcery/Mentor Graphics Toolchain**：基于 GCC，但进行了优化和增强，特别是针对嵌入式系统。
- **Yocto Project**：一个协作项目，提供了一个框架来帮助开发者创建定制的 Linux 分发版，适用于嵌入式设备，包括交叉编译工具链。
- **crosstool-NG**：一个交叉编译工具链生成器，可以用来构建交叉编译工具链。

设置交叉编译环境

为了设置交叉编译环境，开发者需要：

1. **选择或构建交叉编译工具链**：可以使用预先构建的工具链，或者使用工具如 crosstool-NG 自己构建。
2. **配置环境变量**：如 `PATH`，以便在命令行中方便地调用交叉编译器和工具。
3. **配置编译系统**：确保构建系统（如 Makefile 或构建脚本）使用正确的编译器和工具链路径。

交叉编译的挑战

交叉编译可能会遇到的挑战包括：

- **库依赖性**：确保目标系统上有正确版本的库。
- **头文件**：需要目标平台的正确头文件来编译程序。
- **二进制兼容性**：编译出的程序必须与目标硬件兼容。
- **调试困难**：可能需要特殊的调试工具或在目标硬件上运行调试器。

交叉编译是嵌入式系统开发的一个重要方面，因为它使得开发者能够在功能强大的宿主机上进行**软件开发和编译**，同时生成适用于资源受限的**目标硬件**的代码。

Buildroot

Buildroot 是一个开源的、简化嵌入式 Linux 系统开发的工具，它使用 makefile 和 kconfig（与 Linux 内核配置系统相同的配置系统）来自动化构建过程。Buildroot 能够生成交叉编译工具链、根文件系统、Linux 内核映像以及引导加载程序，并且可以为不同的目标架构进行配置和编译。

Buildroot 的主要优点是它的简单性和配置的灵活性。使用 Buildroot，开发者可以快速地为嵌入式系统生成轻量级、定制化的 Linux 环境。

Buildroot 的主要特点：

- **简化的配置**：通过图形界面（`make menuconfig`）、命令行界面（`make xconfig` 或 `make nconfig`）或直接编辑配置文件来选择所需的软件包和系统配置。
- **自动生成工具链**：自动下载、配置、编译并安装交叉编译工具链。
- **软件包管理**：包含数千个可用的软件包，可以通过 Buildroot 的配置系统选择并配置这些软件包。
- **文件系统生成**：支持多种文件系统类型，如 ext2/3/4、btrfs、squashfs、jffs2 等，可以根据需要生成镜像文件。
- **引导加载器支持**：支持多种引导加载器，如 U-Boot、GRUB、Barebox 等。
- **定制化**：允许开发者添加定制的软件包和补丁，以及调整内核和系统设置。
- **轻量级**：生成的系统非常适合资源受限的嵌入式设备。

使用 Buildroot 的步骤：

1. **下载 Buildroot**：从官方网站下载最新的 Buildroot 源代码。
2. **配置 Buildroot**：运行 `make menuconfig`，选择目标架构、工具链、内核配置、软件包和文件系统选项等。
3. **构建系统**：运行 `make` 命令开始构建过程。Buildroot 会下载源代码，构建交叉编译工具链，编译内核，构建选定的软件包，并生成根文件系统镜像。
4. **部署和测试**：将构建的系统镜像烧录到目标设备（如 SD 卡、NAND 闪存等），然后在目标硬件上启动并测试。

Buildroot 的挑战：

- **学习曲线**：新用户可能需要一些时间来熟悉 Buildroot 的配置和使用。
- **定制化**：虽然 Buildroot 提供了大量的配置选项，但对于非常特殊的定制需求，用户可能需要编写额外的 makefile 或补丁。
- **软件包更新**：Buildroot 社区提供软件包更新，但用户可能需要手动更新特定软件包或等待 Buildroot 社区更新。

Buildroot 是一个强大的工具，特别适合于那些需要快速、高效地为嵌入式设备生成定制 Linux 系统的场景。


文件系统构建
busybox
优点
1.构建的文件系统比较小
2.非常灵活
3.是一个快捷的构建文件系统的方法
4.非常好的学习文件系统构建的工具
缺点
1.编译出来的文件系统不完善，需要自行添加。比较麻烦并且对能力要求比较高
2.功能单一，不适合项目快速开发
buildroot
优点
1.使用起来非常方便，效率高
2.功能强大，不光可以构建文件系统，也可以构建内核和uboot
缺点
1.对网络有要求，编译过程中需要连接网络，并且有些东西需要科学上网
2.隐藏了很多细节，对于想深入了解文件系统构建过程的学习用户不友好
其他文件系统构建
yocto
Linux的发行版
ubuntu
debian
Openwrt