

中文 Makefile 教程

概述

什么是 makefile? 或许很多 Windows 的程序员都不知道这个东西, 因为那些 Windows 的 IDE 都为你做了这个工作, 但我觉得要作一个好的和 professional 的程序员, makefile 还是要懂。这就好像现在有这么多的 HTML 的编辑器, 但如果你想成为一个专业人士, 你还是要了解 HTML 的标识的含义。特别在 Unix 下的软件编译, 你就不能不自己写 makefile 了, 会不会写 makefile, 从一个侧面说明了一个人是否具备完成大型工程的能力。

因为, makefile 关系到了整个工程的编译规则。一个工程中的源文件不计数, 其按类型、功能、模块分别放在若干个目录中, makefile 定义了一系列的规则来指定, 哪些文件需要先编译, 哪些文件需要后编译, 哪些文件需要重新编译, 甚至于进行更复杂的功能操作, 因为 makefile 就像一个 Shell 脚本一样, 其中也可以执行操作系统的命令。

makefile 带来的好处就是——“自动化编译”, 一旦写好, 只需要一个 make 命令, 整个工程完全自动编译, 极大的提高了软件开发的效率。make 是一个命令工具, 是一个解释 makefile 中指令的命令工具, 一般来说, 大多数的 IDE 都有这个命令, 比如: Delphi 的 make, VisualC++ 的 nmake, Linux 下 GNU 的 make。可见, makefile 都成为了一种在工程方面的编译方法。

现在讲述如何写 makefile 的文章比较少, 这是我想写这篇文章的原因。当然, 不同产商的 make 各不相同, 也有不同的语法, 但其本质都是在“文件依赖性”上做文章, 这里, 我仅对 GNU 的 make 进行讲述, 我的环境是 RedHat Linux8.0, make 的版本是 3.80。必竟, 这个 make 是应用最为广泛的, 也是用得最多的。而且其还是最遵循于 IEEE 1003.2-1992 标准的 (POSIX.2)。

在这篇文档中, 将以 C/C++ 的源码作为我们基础, 所以必然涉及一些关于 C/C++ 的编译的知识, 相关于这方面的内容, 还请各位查看相关的编译器的文档。这里所默认的编译器是 UNIX 下的 GCC 和 CC。

关于程序的编译和链接

在此, 我想多说关于程序编译的一些规范和方法, 一般来说, 无论是 C、C++、还是 pas, 首先要把源文件编译成中间代码文件, 在 Windows 下也就是 .obj 文件, UNIX 下是 .o 文件, 即 Object File, 这个动作叫做编译 (compile)。然后再把大量的 ObjectFile 合成执行文件, 这个动作叫作链接 (link)。

编译时, 编译器需要的是语法的正确, 函数与变量的声明的正确。对于后者, 通常是你需要告诉编译器头文件的所在位置 (头文件中应该只是声明, 而定义应该放在 C/C++ 文件中), 只要所有的语法正确, 编译器就可以编译出中间目标文件。一般来说, 每个源文件都应该对应于一个中间目标文件 (O 文件或 OBJ 文件)。

链接时，主要是链接函数和全局变量，所以，我们可以使用这些中间目标文件（O 文件或是 OBJ 文件）来链接我们的应用程序。链接器并不管函数所在的源文件，只管函数的中间目标文件（ObjectFile），在大多数时候，由于源文件太多，编译生成的中间目标文件太多，而在链接时需要明显地指出中间目标文件名，这对于编译很不方便，所以，我们要给中间目标文件打个包，在 Windows 下这种包叫“库文件”（Library File），也就是 .lib 文件，在 UNIX 下，是 ArchiveFile，也就是 .a 文件。

总结一下，源文件首先会生成中间目标文件，再由中间目标文件生成执行文件。在编译时，编译器只检测程序语法，和函数、变量是否被声明。如果函数未被声明，编译器会给出一个警告，但可以生成 Object File。而在链接程序时，链接器会在所有的 ObjectFile 中找寻函数的实现，如果找不到，那到就会报链接错误码（Linker Error），在 VC 下，这种错误一般是：Link2001 错误，意思是说，链接器未能找到函数的实现。你需要指定函数的 Object File。

好，言归正传，GNU 的 make 有许多的内容，闲言少叙，还是让我们开始吧。

Makefile 介绍

make 命令执行时，需要一个 Makefile 文件，以告诉 make 命令需要怎么样的去编译和链接程序。

首先，我们用一个示例来说明 Makefile 的书写规则。以便给大家一个感兴认识。这个示例来源于 GNU 的 make 使用手册，在这个示例中，我们的工程有 8 个 C 文件，和 3 个头文件，我们要写一个 Makefile 来告诉 make 命令如何编译和链接这几个文件。我们的规则是：

- 1) 如果这个工程没有编译过，那么我们的所有 C 文件都要编译并被链接。
- 2) 如果这个工程的某几个 C 文件被修改，那么我们只编译被修改的 C 文件，并链接目标程序。
- 3) 如果这个工程的头文件被改变了，那么我们需要编译引用了这几个头文件的 C 文件，并链接目标程序。

只要我们的 Makefile 写得够好，所有的这一切，我们只用一个 make 命令就可以完成，make 命令会自动智能地根据当前的文件修改的情况来确定哪些文件需要重编译，从而自己编译所需要的文件和链接目标程序。

一、Makefile 的规则

在讲述这个 Makefile 之前，还是让我们先来粗略地看一看 Makefile 的规则。

```
target ... : prerequisites ...  
command  
...  
...
```

target 也就是一个目标文件，可以是 Object File，也可以是执行文件。还可以是一个标签（Label），对于标签这种特性，在后续的“伪目标”章节中会有叙述。

`prerequisites` 就是，要生成那个 `target` 所需要的文件或目标。

`command` 也就是 `make` 需要执行的命令。（任意的 Shell 命令）

这是一个文件的依赖关系，也就是说，`target` 这一个或多个的目标文件依赖于 `prerequisites` 中的文件，其生成规则定义在 `command` 中。说白了就是说，`prerequisites` 中如果有一个以上的文件比 `target` 文件要新的话，`command` 所定义的命令就会被执行。这就是 `Makefile` 的规则。也就是 `Makefile` 中最核心的内容。

说到底，`Makefile` 的东西就是这样一点，好像我的这篇文档也该结束了。呵呵。还不尽然，这是 `Makefile` 的主线和核心，但要写好一个 `Makefile` 还不够，我会以后面一点一点地结合我的工作经验给你慢慢到来。内容还多着呢。：)

二、一个示例

正如前面所说的，如果一个工程有 3 个头文件，和 8 个 C 文件，我们为了完成前面所述的那三个规则，我们的 `Makefile` 应该是下面的这个样子的。

```
edit : main.o kbd.o command.o display.o \  
insert.o search.o files.o utils.o  
cc -o edit main.o kbd.o command.o display.o \  
insert.o search.o files.o utils.o  
  
main.o : main.c defs.h  
cc -c main.c  
kbd.o : kbd.c defs.h command.h  
cc -c kbd.c  
command.o : command.c defs.h command.h  
cc -c command.c  
display.o : display.c defs.h buffer.h  
cc -c display.c  
insert.o : insert.c defs.h buffer.h  
cc -c insert.c  
search.o : search.c defs.h buffer.h  
cc -c search.c  
files.o : files.c defs.h buffer.h command.h  
cc -c files.c  
utils.o : utils.c defs.h  
cc -c utils.c  
clean :  
rm edit main.o kbd.o command.o display.o \  
insert.o search.o files.o utils.o
```

反斜杠 (\) 是换行符的意思。这样比较便于 `Makefile` 的易读。我们可以把这个内容保存在文件为“`Makefile`”

或“makefile”的文件中，然后在该目录下直接输入命令“make”就可以生成执行文件 edit。如果要删除执行文件和所有的中间目标文件，那么，只要简单地执行一下“makeclean”就可以了。

在这个 makefile 中，目标文件 (target) 包含：执行文件 edit 和中间目标文件 (*.o)，依赖文件 (prerequisites) 就是冒号后面的那些 .c 文件和 .h 文件。每一个 .o 文件都有一组依赖文件，而这些 .o 文件又是执行文件 edit 的依赖文件。依赖关系的实质上就是说明了目标文件是由哪些文件生成的，换言之，目标文件是哪些文件更新的。

在定义好依赖关系后，后续的那一行定义了如何生成目标文件的操作系统命令，一定要以一个 Tab 键作为开头。记住，make 并不管命令是怎么工作的，他只管执行所定义的命令。make 会比较 targets 文件和 prerequisites 文件的修改日期，如果 prerequisites 文件的日期要比 targets 文件的日期要新，或者 target 不存在的话，那么，make 就会执行后续定义的命令。

这里要说明一点的是，clean 不是一个文件，它只不过是一个动作名字，有点像 C 语言中的 lable 一样，其冒号后什么也没有，那么，make 就不会自动去找文件的依赖性，也就不会自动执行其后所定义的命令。要执行其后的命令，就要在 make 命令后明显得指出这个 lable 的名字。这样的方法非常有用，我们可以在一个 makefile 中定义不用的编译或是和编译无关的命令，比如程序的打包，程序的备份，等等。

三、make 是如何工作的

在默认的方式下，也就是我们只输入 make 命令。那么，

- 1、make 会在当前目录下找名字叫“Makefile”或“makefile”的文件。
- 2、如果找到，它会找文件中的第一个目标文件 (target)，在上面的例子中，他会找到“edit”这个文件，并把这个文件作为最终的目标文件。
- 3、如果 edit 文件不存在，或是 edit 所依赖的后面的 .o 文件的文件修改时间要比 edit 这个文件新，那么，他就会执行后面所定义的命令来生成 edit 这个文件。
- 4、如果 edit 所依赖的.o 文件也存在，那么 make 会在当前文件中找目标为.o 文件的依赖性，如果找到则再根据那一个规则生成.o 文件。（这有点像一个堆栈的过程）
- 5、当然，你的 C 文件和 H 文件是存在的啦，于是 make 会生成 .o 文件，然后再用 .o 文件生命 make 的终极任务，也就是执行文件 edit 了。

这就是整个 make 的依赖性，make 会一层又一层地去找文件的依赖关系，直到最终编译出第一个目标文件。在找寻的过程中，如果出现错误，比如最后被依赖的文件找不到，那么 make 就会直接退出，并报错，而对于所定义的命令的错误，或是编译不成功，make 根本不理。make 只管文件的依赖性，即，如果在我找了依赖关系之后，冒号后面的文件还是不在，那么对不起，我就不工作啦。

通过上述分析，我们知道，像 clean 这种，没有被第一个目标文件直接或间接关联，那么它后面所定义的命令将不会被自动执行，不过，我们可以显示要 make 执行。即命令——“make clean”，以此来清除所有的目标文件，以便重编译。

于是在我们编程中，如果这个工程已被编译过了，当我们修改了其中一个源文件，比如 file.c，那么根据我

们的依赖性，我们的目标 `file.o` 会被重编译（也就是在这个依性关系后面所定义的命令），于是 `file.o` 的文件也是最新的啦，于是 `file.o` 的文件修改时间要比 `edit` 要新，所以 `edit` 也会被重新链接了（详见 `edit` 目标文件后定义的命令）。

而如果我们改变了“`command.h`”，那么，`kdb.o`、`command.o` 和 `files.o` 都会被重编译，并且，`edit` 会被重链接。

四、makefile 中使用变量

在上面的例子中，先让我们看看 `edit` 的规则：

```
edit : main.o kbd.o command.o display.o \
insert.o search.o files.o utils.o
cc -o edit main.o kbd.o command.o display.o \
insert.o search.o files.o utils.o
```

我们可以看到`[.o]`文件的字符串被重复了两次，如果我们的工程需要加入一个新的`[.o]`文件，那么我们需要在两个地方加（应该是三个地方，还有一个地方在 `clean` 中）。当然，我们的 `makefile` 并不复杂，所以在两个地方加也不累，但如果 `makefile` 变得复杂，那么我们就有可能会忘掉一个需要加入的地方，而导致编译失败。所以，为了 `makefile` 的易维护，在 `makefile` 中我们可以使用变量。`makefile` 的变量也就是一个字符串，理解成 C 语言中的宏可能会更好。

比如，我们声明一个变量，叫 `objects`, `OBJECTS`, `objs`, `OBJS`, `obj`, 或是 `OBJ`，反正不管什么啦，只要能够表示 `obj` 文件就行了。我们在 `makefile` 一开始就这样定义：

```
objects = main.o kbd.o command.o display.o \
insert.o search.o files.o utils.o
```

于是，我们就可以很方便地在我们的 `makefile` 中以“`$(objects)`”的方式来使用这个变量了，于是我们的改良版 `makefile` 就变成下面这个样子：

```
objects = main.o kbd.o command.o display.o \
insert.o search.o files.o utils.o

edit : $(objects)
cc -o edit $(objects)
main.o : main.c defs.h
cc -c main.c
kbd.o : kbd.c defs.h command.h
cc -c kbd.c
command.o : command.c defs.h command.h
cc -c command.c
display.o : display.c defs.h buffer.h
cc -c display.c
```

```
insert.o : insert.c defs.h buffer.h
cc -c insert.c
search.o : search.c defs.h buffer.h
cc -c search.c
files.o : files.c defs.h buffer.h command.h
cc -c files.c
utils.o : utils.c defs.h
cc -c utils.c
clean :
rm edit $(objects)
```

于是如果有新的 .o 文件加入，我们只需简单地修改一下 `objects` 变量就可以了。

关于变量更多的话题，我会在后续给你一一道来。

五、让 make 自动推导

GNU 的 `make` 很强大，它可以自动推导文件以及文件依赖关系后面的命令，于是我们就没必要去在每一个 [.o] 文件后都写上类似的命令，因为，我们的 `make` 会自动识别，并自己推导命令。

只要 `make` 看到一个 [.o] 文件，它就会自动的把 [.c] 文件加在依赖关系中，如果 `make` 找到一个 `whatever.o`，那么 `whatever.c`，就会是 `whatever.o` 的依赖文件。并且 `cc -c whatever.c` 也会被推导出来，于是，我们的 `makefile` 再也不用写得这么复杂。我们的是新的 `makefile` 又出炉了。

```
objects = main.o kbd.o command.o display.o \
insert.o search.o files.o utils.o
```

```
edit : $(objects)
cc -o edit $(objects)
```

```
main.o : defs.h
kbd.o : defs.h command.h
command.o : defs.h command.h
display.o : defs.h buffer.h
insert.o : defs.h buffer.h
search.o : defs.h buffer.h
files.o : defs.h buffer.h command.h
utils.o : defs.h
```

```
.PHONY : clean
clean :
```

```
rm edit $(objects)
```

这种方法，也就是 `make` 的“隐晦规则”。上面文件内容中，“.PHONY”表示，`clean` 是个伪目标文件。

关于更为详细的“隐晦规则”和“伪目标文件”，我会在后续给你一一道来。

六、另类风格的 makefile

即然我们的 `make` 可以自动推导命令，那么我看到那堆[.o]和[h]的依赖就有点不爽，那么多的重复的[h]，能不能把其收拢起来，好吧，没有问题，这个对于 `make` 来说很容易，谁叫它提供了自动推导命令和文件的功能呢？来看看最新风格的 `makefile` 吧。

```
objects = main.o kbd.o command.o display.o \
insert.o search.o files.o utils.o
```

```
edit : $(objects)
cc -o edit $(objects)
```

```
$(objects) : defs.h
kbd.o command.o files.o : command.h
display.o insert.o search.o files.o : buffer.h
```

```
.PHONY : clean
clean :
rm edit $(objects)
```

这种风格，让我们的 `makefile` 变得很简单，但我们的文件依赖关系就显得有点凌乱了。鱼和熊掌不可兼得。还看你的喜好了。我是不喜欢这种风格的，一是文件的依赖关系看不清楚，二是如果文件一多，要加入几个新的.o 文件，那就理不清楚了。

七、清空目标文件的规则

每个 `Makefile` 中都应该写一个清空目标文件（.o 和执行文件）的规则，这不仅便于重编译，也很利于保持文件的清洁。这是一个“修养”（呵呵，还记得我的《编程修养》吗）。一般的风格都是：

```
clean:
rm edit $(objects)
```

更为稳健的做法是：

```
.PHONY : clean
clean :
-rm edit $(objects)
```

前面说过，`.PHONY` 意思表示 `clean` 是一个“伪目标”，而在 `rm` 命令前面加了一个小减号的意思就是，也许某些文件出现问题，但不要管，继续做后面的事。当然，`clean` 的规则不要放在文件的开头，不然，这就会变成 `make` 的默认目标，相信谁也不愿意这样。不成文的规矩是——“`clean` 从来都是放在文件的最后”。