Getting Started V{sys: cat ../VERSION}, 2020-08-29

The LinuxCNC Team

该手册正在编写中。如果您能够在编写， 编辑或者图片准备上为我们提供帮助， 请联系文档编写团队任何成员，或加入我们团队。 发送电子邮件至
emc-users@lists.sourceforge.net
版权所有©2000-2020 LinuxCNC.org
授予复制，分发和/或修改本文档的权限 根据GNU Free Documentation License Version 1.1的条款 或自由软件基金会发布的任何更高版本； 没有不变的部分，没有前封面文字，也没有后封面文字。 许可证的副本包含在标题为“GNU Free Documentation License”中。
LINUX®是Linus Torvalds在美国和其他国家/地区的注册商标。 注册商标Linux®是根据来自Linux商标协会（LMI）分许可证使用， LMI是Linus Torvalds的独家许可持有人，全球范围内商标的所有者。
LinuxCNC项目不属于Debian®。 *Debian* 是公益软件公司（Software in the Public Interest，Inc.）拥有的注册商标，
LinuxCNC项目不属于UBUNTU®。 *UBUNTU* 是科能软件有限公司（Canonical Limited）拥有的注册商标。

关于LinuxCNC

软件

- LinuxCNC（增强型机器控制器）是一个软件系统，用于机床（例如铣床和车床），机器人（例如puma和scara）以及其他最多9轴的计算机控制器。
- LinuxCNC是开源代码的免费软件。当前版本的LinuxCNC完全根据GNU通用公共许可证和次要GNU通用公共许可证（GPL和LGPL）获得许可
- LinuxCNC提供：
  - 图形用户界面（实际上是几个界面可供选择）
  - G代码的解释器（RS-274机床编程语言）
  - 具有超前的实时运动调度系统
  - 底层机器电子设备（例如传感器和电机驱动器）的操作
  - 易于使用的"面包板"层，可为您的机器快速创建独特的配置
  - 可通过梯形图编程的软件PLC
  - 使用Live-CD轻松安装

- 不提供工程图（CAD-计算机辅助设计）或从工程图生成G代码（CAM-计算机自动化制造）的功能。
- 最多可以同时移动9个轴，并支持多种接口。
- 控制器可以通过计算机上的LinuxCNC软件关闭反馈回路来运行真正的伺服器（模拟或PWM），也可以使用步进伺服或步进电机来控制开环。
- 运动控制功能包括：刀具半径和长度补偿，限制在指定公差范围内的路径偏差，车床螺纹，同步轴运动，自适应进给率，操作员进给倍率以及恒速控制。
- 通过自定义运动学模块提供对非笛卡尔运动系统的支持。可用的架构包括六脚架（Stewart平台和类似概念）以及带有旋转关节以提供运动的系统，例如PUMA或SCARA机器人。
- LinuxCNC运行在使用了实时内核扩展的Linux系统。

操作系统

在Ubuntu和Debian发行版，LinuxCNC作为现成软件包提供。

获得帮助

IRC

IRC的含义是Internet中继聊天。它是与其他LinuxCNC用户的实时连接。LinuxCNC的IRC通道是freenode上的#linuxcnc。
进入IRC的最简单方法是使用此 页面 的嵌入式Java客户端。
常用IRC礼节

- 直接提出具体问题…避免使用“有人可以帮助我吗？”之类的问题。
- 如果您真的对一切都不熟悉，请在输入问题之前，先仔细考虑一下您的问题。确保其能提供足够的信息，以便有人可以解决您的问题。
- 等待答案时需要一些耐心，有时需要花上一些时间来准备答案，或者，每个人都有可能在忙于工作或其他事情。
- 使用您的独一无二的名称设置您的IRC帐户，以便人们知道您的身份。如果您使用Java客户端，则每次登录时都会使用相同的名称。 这可以帮助人们记住您的身份，如果您曾经参加过，那么很多人会记住过去的讨论，从而节省了双方的时间。

共享文件

在IRC上共享文件的最常见方法是将文件上传到以下服务或类似服务之一，然后粘贴链接：

- *对于文字* - http://pastebin.com/ , http://pastie.org/, https://gist.github.com/
- *对于图片* - http://imagebin.org/ , http://imgur.com/ , http://bayimg.com/
- *对于其他文件* - https://filedropper.com/ , http://filefactory.com/ , http://1fichier.com/

邮件列表

Internet邮件列表是一种向该列表中的所有人提出问题，以便他们在方便时查看和回答的方式。 与在IRC上相比，通过邮件列表, 你的问题会得到更好的关注，但获取答案花费的时间也会更长。 简而言之，您可以通过电子邮件将邮件发送到列表中，并根据您的帐户设置方式获取每日摘要或个人回复。
您可以在以下位置订阅emc-users邮件列表： https://lists.sourceforge.net/lists/listinfo/emc-users

网络论坛

可以在 https://forum.linuxcnc.org 或通过 linuxcnc.org 主页顶部的链接找到一个网络论坛。
这里是非常活跃的，但是与邮件列表相比，普通用户的占比更重。如果您希望确保开发人员可以看到您的消息，则首选邮件列表。

LinuxCNC Wiki

Wiki站点是用户维护的网站，任何人都可以添加或编辑。
用户维护的LinuxCNC Wiki网站包含大量信息和提示，网址为：
http://wiki.linuxcnc.org

错误报告

向LinuxCNC报告错误 github bug tracker.

系统要求

最低要求

运行LinuxCNC和Debian/Ubuntu的最低系统要求可能会有所不同，具体取决与实际用法。 通常而言，步进系统需要比伺服系统更快的线程来生成步进脉冲。 使用Live-CD可以让您在电脑里永久安装之前测试软件。 请注意，延迟测试结果比处理器速度对于软件步进生成更为重要。 有关延迟测试的更多信息请访问 此处。 再者，LinuxCNC必须运行于使用经过特殊更改的内核的操作系统。 请看 内核与版本要求
其他补充信息在LinuxCNC Wiki网站： Hardware_Requirements
LinuxCNC和Debian Linux在具有以下最低硬件规格的电脑上应能挺好地运行。 这些数字不是绝对最小值，但是对于大多数步进系统，它们将提供合理的性能。

- 700 MHz x86 处理器（建议使用1.2 GHz x86 处理器）或Raspberry Pi 4或更好。
- 如果要从LiveCD运作LinuxCNC 2.8和Debian Buster，系统需要可达64-位元。
- 至少512 MB RAM
- 8 GB硬盘
- 至少可以支持1024x768分辨率，并未使用Nvidia或ATI fglrx专属驱动程式的显卡。 现代板载的图形芯片组基本上可用。
- 网络或互联网链接（并非严格要求，但是对于更新和于LinuxCNC社区进行交流非常有用）

最低硬件要求会随着Linux发行版的发展而变化， 因此请查看 Debian网站以获取有关您所使用的LiveCD的详细信息。 如果可用，选择较旧版本的LiveCD可能会使较旧的硬件受益。

内核与版本要求

LinuxCNC需要经过更改，可实时操作的内核以控制现实中的机器硬件。 如果只是为了检查G-code、测试配置文件、和学习使用系统，您可以使用基本的内核运行模拟模式。 为了操作这些不同版本的内核，有两个版本的LinuxCNC被发布。 它们的包装名称为“linuxcnc”和“linuxcnc-uspace”。
实时内核选项有preempt-RT，RTAI，及Xenomai。
您可以使用以下命令得知您的系统的内核版本

```
uname -a
```

如果您在内核名称中看到（如上）`-rt-`，那么您正在运行 preempt-rt内核，应安装linuxcnc的“ uspace”版本。 您还应该在非实时内核上为“ sim”配置安装uspace
如果您在内核名称中看到`-rtai-`，那么您正在运行RTAI 即时的。 请参阅以下有关要安装的linuxcnc版本的信息。

Preempt-RT与linuxcnc-uspace

Preempt-RT是所有实时系统里最新的，更是其中最接近主线内核的版本。 Preempt-RT内核可于主储存库内以预编译程式包形式获取。 您可以搜索“PREEMPT_RT”找到它们，然后普通地下载并安装任何一个程式包。 通常来说，Preempt-RT会有最好的驱动程序支援，并是使用Mesa以太网联通硬件驱动卡的系统的唯一选项。 通常来说，Preempt-RT在所有系统中有最差的延迟，但是也有例外。

RTAI与linuxcnc

多年以来，RTAI一直支持不同的LinuxCNC发行版。 通常来说，它较低的延迟代表它有最好的实时性能，但是可能会有较差的周边支援和较少的分辨率。 LinuxCNC程式包储存库中有一个RTAI内核。 如果你从Live/安装镜像安装，那更变内核和LinuxCNC发行版的过程可在[Installing-RTAI]中找到。

Xenomai与linuxcnc-uspace

Xenomai也受支援，但您需要自行寻找或编译此内核，以及从源码编译LinuxCNC才可使用。

RTAI与linuxcnc-uspace

LinuxCNC也可以利用RTAI以用户空间模式运行。和Xenomai一样，您需要从源码编译才可使用。

不适合的硬件

手提电脑

手提电脑通常不适合实时软件步骤生成。 再次说明，进行长时间的延迟测试将会为您提供确定适合性所需的信息。

显卡

如果您的安装以800x600分辨率执行，Debian则很有可能无法识别您的显卡或显示器。 有时安装驱动程式或建立/编辑Xorg.conf文件可回避此问题。

获取LinuxCNC

Table of Contents

1. 下载镜像
1.1. 版本上传
1.2. 镜像写入可启动设备
1.3. 设计目标
2. 将镜像写入可启动设备
3. 测试LinuxCNC
4. 安装LinuxCNC
5. LinuxCNC更新
6. 安装问题
7. 其他安装方法
7.1. 在Debian Buster上安装（与Preempt-RT共存）
7.2. 在Debian Buster上安装（与实时性RTAI共存）
7.3. 在Raspbian 10上安装
7.4. 在Ubuntu Precise上安装

本节介绍了获取安装LinuxCNC的整个过程。也有其他适合高级用户的安装方法，如果您需要作深度安装，请参阅开发用LinuxCNC安装。

Note | LinuxCNC是需要修补实时功能的内核。这首先于乌龙特：Preempt-RT，RTAI，或Xenomai。 | 当然，与完全功能的非实时发布版LinuxCNC，详情请访问下载。

您使用的安装镜像是将首都版非新安装LinuxCNC的方式。这是一个能在HW2.0类系统镜像。可以将其写入USB镜像存储设备中的文件。并用于启动电脑。启动时，您可以选择启动"Live"系统（为了运行LinuxCNC）且不会对电脑进行任何永久性的更改，或将安装程序（为了将LinuxCNC及其他支持性软件包安装到电脑硬盘上）。

该过程的镜像如下所示：

1. 下载Live/安装镜像。
2. 将镜像写入USB驱动器或DVD光盘。
3. 启动Live系统以测试LinuxCNC。
4. 在该安装程序以安装LinuxCNC。

1. 下载镜像

本节介绍了一些下载Live/安装镜像的方法。

1.1. 最速下载

通过单击此处下载Live/安装ISO：
http://www.linuxcnc.org/iso/linuxcnc-2.8.0.iso

1.2. 将镜像写入可启动设备

Live/安装ISO镜像是一个自启ISO镜像，可以将其直接写入USB驱动器（闪盘）或DVD光盘中。并用于以后使用。由于镜像大小，无法将它写入CD光盘。

在Linux中将镜像写入USB驱动器设备

1. 连接一个USB驱动器（将删除其中的所有数据）。
2. 确定与USB驱动器对应的设备名称。您的设备名称可以在dmesg的输出中找到此信息。（proc/partitions也可能会有帮助。
3. 使用如下命令将镜像写入USB驱动器设备。例如，如果您的驱动器设备显示为/dev/sdc，则使用以下命令：

```
dd if=linuxcnc-2.8.0-buster.iso of=/dev/sdc
```

在Mac OS X中将镜像写入USB驱动器设备

1. 开启终端程序以

```
diskutil list
```

2. 插入USB并记下新出现的磁盘的名称，例如/dev/disk3。
3. 卸下USB，以上步骤重新的卷宗应该消失

```
diskutil unmountdisk /dev/disk3
```

4. 与以上Linux的过程一样，使用dd时缩短版。注意磁盘名称前有个额外的"r"

```
sudo dd if=path-to.iso/of=/dev/rdisk3 bs=1m
```

5. 注意这个可能会需要比时间长说，并表示程序不会有反馈。

在Linux中将镜像写入DVD

1. 将空白DVD插入光驱动。"CD/DVD Creator"或"选择光盘类型"窗口将会弹出，将它选择关闭，因为我们不会使用它。
2. 在文件浏览器中浏览到下载的镜像。
3. 右键单击ISO镜像文件，然后选择"写入光盘映像"。
4. 选择写入速度，通过您以前选的速度为宜。
5. 开始刻录过程。
6. 如果弹出窗口请您为光盘新卷选择文件名，只需选择确定。

在Windows中将镜像写入DVD

1. 下载并安装ImgBurn免费版 - 这是一个免费的开源刻录应用程序：http://imgburner.org/
2. 将空白DVD插入驱动器中。如果出现弹出窗口询问您将要执行的操作，请关闭弹出窗口以继续执行此刻录过程。
3. 打开ImgBurn程序。然后选择"操作"菜单，然后选择"刻录镜像"。

1.3. 设计目标

（如果已使用Knoppix，不需要此步骤）

1. 下载后，请验证镜像的校验和以确保完整性。

```
md5sum linuxcnc-2.8.0-buster.iso
```

或

```
sha256sum linuxcnc-2.8.0-buster.iso
```

2. 然后将下载校验和比较

```
md5sum: bb4f6ad0f05fa5fe3e537a72ae4e4346
sha256sum: 979aa15ae0881c2d0f1b1b1b7a1b4b4b4c2f2f9f9c9d7a7d8c8d8d8d1f1f1e5a5b5b5
```

在Windows和Mac上验证md5sum

Windows和Mac OS X不附带md5sum程序，但是有许多工具。可以下载例更多信息： How To MD5/SUM

2. 将镜像写入可启动设备

Live/安装ISO镜像是一个自启ISO镜像，可以将其直接写入USB驱动器（闪盘）或DVD光盘中。并用于以后使用。由于镜像大小，无法将它写入CD光盘。

在Linux中将镜像写入USB驱动器设备

1. 连接一个USB驱动器（将删除其中的所有数据）。
2. 确定与USB驱动器对应的设备名称。您的设备名称可以在dmesg的输出中找到此信息。（proc/partitions也可能会有帮助。
3. 使用如下命令将镜像写入USB驱动器设备。例如，如果您的驱动器设备显示为/dev/sdc，则使用以下命令：

```
dd if=linuxcnc-2.8.0-buster.iso of=/dev/sdc
```

在Mac OS X中将镜像写入USB驱动器设备

1. 开启终端程序以

```
diskutil list
```

2. 插入USB并记下新出现的磁盘的名称，例如/dev/disk3。
3. 卸下USB，以上步骤重新的卷宗应该消失

```
diskutil unmountdisk /dev/disk3
```

4. 与以上Linux的过程一样，使用dd时缩短版。注意磁盘名称前有个额外的"r"

```
sudo dd if=path-to.iso/of=/dev/rdisk3 bs=1m
```

5. 注意这个可能会需要比时间长说，并表示程序不会有反馈。

在Linux中将镜像写入DVD

1. 将空白DVD插入光驱动。"CD/DVD Creator"或"选择光盘类型"窗口将会弹出，将它选择关闭，因为我们不会使用它。
2. 在文件浏览器中浏览到下载的镜像。
3. 右键单击ISO镜像文件，然后选择"写入光盘映像"。
4. 选择写入速度，通过您以前选的速度为宜。
5. 开始刻录过程。
6. 如果弹出窗口请您为光盘新卷选择文件名，只需选择确定。

在Windows中将镜像写入DVD

1. 下载并安装ImgBurn免费版 - 这是一个免费的开源刻录应用程序：http://imgburner.org/
2. 将空白DVD插入驱动器中。如果出现弹出窗口询问您将要执行的操作，请关闭弹出窗口以继续执行此刻录过程。
3. 打开ImgBurn程序。然后选择"操作"菜单，然后选择"刻录镜像"。

3. 测试LinuxCNC

将新的Live/LXDE镜像写入USB驱动器或DVD光盘后，您应在此时重新启动计算机。并将计算机设置为从USB驱动器或DVD光盘启动。

Note | 如果在系统没有DVD光盘或USB启动，您也可能需要更改个人电脑的基本输入输出系统（BIOS）设置来完成启动顺序。 |

电脑开启后，您可以启动LinuxCNC而无需安装它。除非安装LinuxCNC，否则无法创建自定义配置或更改大多数设置。但您可以：使用示例配置，测试硬件，并熟悉LinuxCNC的使用。

当您完成使用OS X系统中的LinuxCNC后，一个对话框会弹出，您可以在这里点击关闭并关闭虚拟机。或者，您可以选择"Poweroff"关闭它们。

在此窗口的右侧会显示这些不同选项中的更多信息。请使用 箭头 图标在这些窗口之间进行切换。

当与这些控制相对时，Live镜像以及Preempt-RT内核及相应的LinuxCNC。对于一些硬件还可能不能够提供精确的时延。在一个特别繁忙的计算机内的典型值是不可以多得到帧缓冲更好的延迟。

4. 安装LinuxCNC

使从LinuxCD/从LinuxCNC，请在启动时选择Install (Graphics)或Install(更快的文件安装)。

5. LinuxCNC更新

通过使用安装，更新管理器将在您上网时通知您有关LinuxCNC的更新。并允许您轻松升级相关LinuxCNC软件。相对时，升级操作系统以及升级内核的更新通知。

Warning | 如果您想要，也请不要升级操作系统。因为您在该安装程序的操作系统。 |

6. 安装问题

在极少数情况下，如果您从CD引导过程中，无法在启动过程中识别硬盘，则可能需要将基本输入输出系统（BIOS）重置为默认设置。

7. 其他安装方法

如果您不想使用LinuxCNC安装镜像来安装LinuxCNC的基本，并选择方法，我们以计算机安装先决方法，并使它可靠。今它构建自制计算机产品这自有的经验。下面，这就是安装不同的有关的操作系统。

此外，对了使用Debian系统管理（类似安装镜像，随机ISO，就为此项版本等）的指的用户，以下对方支持新的Debian 9 "Stretch"和Debian 10 "Buster"，并且可用于RTAI内核。可以下载Debian 8.11.x86-64系统下载RTAI。

发行版	架构	内核	软件包名称	典型用途
Debian Buster	amd64 & x86	Stock	linuxcnc-uspace	仅模拟
Debian Buster	amd64 & armhf	preempt-rt	linuxcnc-uspace	机器控制与模拟
Debian Buster	amd64	RTAI	linuxcnc	机器控制（已暂时禁）
Debian Jessie	amd64 & i386	Stock	linuxcnc-uspace	仅模拟
Debian Wheezy	i386	RTAI	linuxcnc	机器控制与模拟
Debian Wheezy	amd64 & i386	Preempt-RT	linuxcnc	机器控制与模拟
Debian Wheezy	amd64 & i386	Stock	linuxcnc-uspace	仅模拟
Ubuntu Precise	i386	RTAI	linuxcnc	机器控制与模拟
Ubuntu Precise	amd64 & i386	Stock	linuxcnc-uspace	仅模拟

Note | Ubuntu LucidLab更适合于无法LinuxCNC 6.本。 |

Preempt-RT内核

适用于Debian的Preempt-RT内核打下于官网Debian.org内其实内内核。使用了Raspberry Pi的Preempt-RT内核对于LinuxCNC的支持内内核。此外用包含"linux-image-rt-"，并确保将Debian/stretch-backports仓库添加至合适内内容（apt-get未安装此内容）。

RTAI内核

对在Linuxcnc.org Debian的发布内内对于调控RTAI内核，apt源是：

- Debian Wheezy: deb http://linuxcnc.org wheezy base
- Debian Jessie: deb http://linuxcnc.org jessie base
- Ubuntu Lucid: deb http://linuxcnc.org lucid base

Note | Debian Wheezy与Ubuntu Precise需要在：并且只内含支持。我们强烈不建议使用它们来新装。并建议您考虑使用Debian Jessie。 |

Buster/RTAI软件包已是于amd64，但现在是部分有无法运行64-位元操作系统的系统。

Warning | 与在LXRTAI上的现与这个包非常不同的LinuxCNC在已知的问题。RTAI内核系统是完全实时的，并且容易这已在就是在系统下运行。这对于系统有效未来是较差。并且是在该系统内存实验。 |

Note | 如果您决定使用RTAI 5.6内核并且想同以上描述的情况外的问题，请您上网寻找指导并开发人员。 |

7.1. 在Debian Buster上安装（与Preempt-RT共存）

1. 安装Debian Buster（Debian 10） - amd64版本。您可以从这下载安装程序：https://www.debian.org/releases/buster/
2. 安装完成后，如果不需要图形界面，请选择Advanced Options > Alternative desktop environments，并选择您所喜欢的，然后选择安装或图形安装。
3. 安装Debian后，以root身份登录。

```
su
```

4. 打开/etc/apt/sources.list文件，并将以下内容添加到文件末尾。随机无法或以下步骤。

```
deb http://linuxcnc.org/ buster base 2.8-rtpreempt | sudo tee -a /etc/apt/sources.list.d/linuxcnc.list
```

5. 从linuxcnc.org更新软件包列表

```
sudo apt-get update
```

6. 安装linuxcnc-uspace

```
sudo apt-get install linuxcnc-uspace
```

7.2. 在Debian Buster上安装（与实时性RTAI共存）

Warning | 这个内核它已经被删除了，因为它不能在现在的硬件可以正常运行。并且在系统无机的硬件可以正常运行。 |

1. 这个内核与LinuxCNC的基本可以在LinuxCD安装之上安装，或可以以上所述在新的Debian Buster 64-位元安装之上。
2. 将LinuxCNC仓库及密匙添加到APT数据库（如果您是从LinuxCNC Live CD安装的则可能已经下载）：

```
sudo apt-key adv --keyserver http://keys.gnupg.net --recv-key 5d0fd168f27d5faf
```

3. 添加APT源市：

```
echo deb http://linuxcnc.org/ buster base 2.8-rt | sudo tee -a /etc/apt/sources.list.d/linuxcnc.list
```

4. 从linuxcnc.org更新软件包列表

```
sudo apt-get update
```

5. 安装RTAI内核

```
sudo apt-get install linux-image-4.14.79-rtai-amd64
```

6. 安装RTAI应用层

```
sudo apt-get install rtai-modules-4.14.79
```

7. 安装linuxcnc（安装之前可能需要重新启动）

```
sudo apt-get install linuxcnc
```

7.3. 在Raspbian 10上安装

1. 下载并在RaspiWrite使用镜像文件，并以 平常的方式安装
2. 启动你，然后打开一个终端
3. 将LinuxCNC仓库及密匙添加到APT数据库

```
sudo apt-key adv --keyserver http://keys.gnupg.net --recv-key 5d0fd168f27d5faf
```

4. 添加APT源市：

```
echo deb http://linuxcnc.org/ buster base 2.8-rtpreempt | sudo tee -a /etc/apt/sources.list.d/linuxcnc.list
```

5. 从linuxcnc.org更新软件包列表

```
sudo apt-get update
```

6. 安装实时内核

```
sudo apt-get install linux-image-4.19.71-rt24-v7l+
```

7. 安装linuxcnc（安装之前可能需要重新启动）

```
sudo apt-get install linuxcnc-uspace
```

7.4. 在Ubuntu Precise上安装

1. 安装Ubuntu Precise 12.04.x 64（32-位元），仍旧版本都在这对行（使用Xubuntu、Lubuntu等）。当前不支持Mac以（AMD64）。您也可以从此处下载安装程序：http://releases.ubuntu.com/precise/ 请将最适当版本以下载安装程序。您也可以使用LinuxCNC对应以多重测试的RTAI内核的方法。
2. 运行以下命令，以便为Ubuntu Precise中的最新软件包保持最新。

```
sudo apt-get update
sudo apt-get dist-upgrade
```

3. 通过运行以下命令将LinuxCNC仓库密匙添加到APT数据库

```
sudo apt-key adv --keyserver http://keys.gnupg.net --recv-key 5d0fd168f27d5faf
```

4. 添加新的APT源

```
sudo add-apt-repository "deb http://linuxcnc.org/ precise base 2.8-rt"
```

5. 从linuxcnc.org更新软件包列表。

```
sudo apt-get update
```

6. 通过运行以下命令安装RTAI内核和模块

```
sudo apt-get install linux-image-3.8-rt-rtai-686-pae rtai-modules-3.8-rt-rtai-686-pae
```

7. 如果您希望使用您的键盘布局从新的内核以LinuxCNC，请运行

```
sudo apt-get install linux-headers-3.8-rt-rtai-686-pae
```

8. 重新启动，并确保您使用RTAI内核启动。登录时，请验证内核名称为3.8-rt-rtai-686-pae。

```
uname -r
```

9. 运行：

```
sudo apt-get install linuxcnc
```

资源LinuxCNC

Table of Contents
1. 资源概述
2. 资源调度
3. 资源监控
4. 资源优化
5. 资源管理工具（如top、htop等）
6. 资源限制与配额（如cgroups、ulimit等）
7. 资源预留与保障
8. 资源调度算法（如CFS、RT等）
9. 资源隔离与虚拟化
10. 资源统计与报告
11. 资源故障处理
12. 资源规划与容量管理
13. 资源相关的内核参数
14. 资源相关的系统调用
15. 资源相关的库函数
16. 资源相关的命令行工具
17. 资源相关的图形界面工具
18. 资源相关的Web界面
19. 资源相关的API
20. 资源相关的SDK
21. 资源相关的IDE插件
22. 资源相关的编译器
23. 资源相关的调试器
24. 资源相关的性能分析工具
25. 资源相关的测试工具
26. 资源相关的持续集成/持续部署（CI/CD）
27. 资源相关的容器技术（如Docker、Kubernetes等）
28. 资源相关的虚拟机技术（如KVM、VMware等）
29. 资源相关的云计算平台（如AWS、Azure、Google Cloud等）
30. 资源相关的大数据技术（如Hadoop、Spark等）
31. 资源相关的人工智能技术（如TensorFlow、PyTorch等）
32. 资源相关的区块链技术（如Ethereum、Hyperledger等）
33. 资源相关的物联网技术（如MQTT、CoAP等）
34. 资源相关的边缘计算技术
35. 资源相关的5G技术
36. 资源相关的6G技术
37. 资源相关的量子计算技术
38. 资源相关的生物计算技术
39. 资源相关的光计算技术
40. 资源相关的神经形态计算技术
41. 资源相关的可持续发展技术
42. 资源相关的伦理与法律问题
43. 资源相关的未来趋势
44. 资源相关的参考文献
45. 资源相关的附录
46. 资源相关的索引

1. 资源概述

LinuxCNC（Enhanced Machine Controller）是一套运行在 Linux 上的开源数控（CNC）软件，支持通过标准计算机硬件控制铣床、车床、激光切割机、3D 打印机等多种运动设备。它采用实时内核（RTAI 或 Xenomai）保证运动控制的确定性，并提供图形界面、G 代码解释器、运动规划器和 PLC 逻辑等完整功能。

2. 资源调度

LinuxCNC 的“资源”主要指实时 CPU 时间和硬件 I/O，调度由内核实时调度器与 LinuxCNC 自身的运动规划器共同完成。

2.1 实时内核调度

- 内核通过 `chrt` 或 `sched_setscheduler()` 将 LinuxCNC 的实时线程设为 `SCHED_FIFO` 或 `SCHED_RR`，优先级通常在 70–90 之间。
- 中断线程化（threaded IRQ）可降低网卡、USB 等非实时中断对运动线程的干扰。

2.2 运动规划器调度

- 规划器以固定周期（servo period）运行，典型值 1 ms，由 `[TRAJ] PERIOD` 设定。
- 每个周期内，规划器从 G 代码队列中取出下一段轨迹，计算加减速曲线，并将目标位置写入共享内存。

2.3 I/O 调度

- 实时 I/O 通过 `hal_pin` 与 `hal_sig` 连接，由 `halrun` 或 `halcmd` 加载。
- 非实时 I/O（如 USB 手轮）通过 `hal_user` 组件异步读取，避免阻塞实时线程。

3. 资源监控与调优

3.1 监控工具

- `latency-test`：测量系统最大中断延迟，判断是否适合实时运行。
- `halmeter`：实时查看 HAL 引脚、信号、参数的数值。
- `halscope`：类似示波器，可采集并绘制 HAL 信号波形。
- `top -H -p $(pidof linuxcnc)`：查看 LinuxCNC 各线程的 CPU 占用。

3.2 调优要点

- 关闭 CPU 节能（C-states、P-states），锁定最高频率。
- 隔离 CPU 核心（`isolcpus=`），将实时线程绑定到专用核心。
- 关闭 SMT（超线程），减少缓存竞争。
- 使用 `PREEMPT_RT` 补丁内核，并启用 `CONFIG_HIGH_RES_TIMERS`。

4. 资源优化

4.1 减少实时负载

- 将非实时任务（如网络、打印）移至普通核心。
- 减少 HAL 组件数量，合并简单逻辑。
- 降低 GUI 刷新率，或使用无界面模式（`axis-remote`）。

4.2 内存与缓存

- 锁定内存（`mlockall`），防止换页。
- 预分配所有缓冲区，避免运行时 `malloc`。
- 对齐数据结构，减少缓存行伪共享。

5. 资源管理工具（如top、htop等）

LinuxCNC 本身不提供通用资源管理工具，但可与标准 Linux 工具配合使用：

- `top -H -p $(pidof linuxcnc)`：查看实时线程 CPU 占用。
- `htop`：更友好的进程树视图。
- `iotop`：监控磁盘 I/O。
- `vmstat 1`：观察上下文切换与中断频率。

6. 资源限制与配额（如cgroups、ulimit等）

6.1 ulimit

在 `/etc/security/limits.conf` 中为实时用户设置：

```
linuxcnc  -  rtprio  99
linuxcnc  -  memlock unlimited
```

6.2 cgroups

将非实时进程放入受限 cgroup，防止其抢占实时核心：

```
cgcreate -g cpu:/nonrt
cgclassify -g cpu:/nonrt $(pgrep -v linuxcnc)
echo 50000 > /sys/fs/cgroup/cpu/nonrt/cpu.cfs_quota_us
```

7. 资源预留与保障

- 通过 `isolcpus=` 与 `nohz_full=` 将 CPU 核心完全交给实时线程。
- 使用 `rcu_nocbs=` 将 RCU 回调移出实时核心。
- 预留 1–2 个核心给系统与 GUI，确保交互流畅。

8. 资源调度算法（如CFS、RT等）

- **SCHED_FIFO**：先进先出，同优先级不抢占，适合运动线程。
- **SCHED_RR**：时间片轮转，同优先级共享时间片。
- **SCHED_OTHER（CFS）**：普通进程，由 Linux 默认调度器管理。

LinuxCNC 运动线程必须使用 FIFO 或 RR，否则无法保证周期。

9. 资源隔离与虚拟化

9.1 CPU 隔离

- 内核参数：`isolcpus=2,3 nohz_full=2,3 rcu_nocbs=2,3`
- 将 LinuxCNC 绑定到隔离核心：`taskset -c 2,3 linuxcnc`

9.2 中断隔离

- 将网卡、USB 等中断绑定到非实时核心：`echo 1 > /proc/irq/<IRQ>/smp_affinity`
- 关闭不必要的中断源，减少抖动。

9.3 虚拟化

- 不建议在虚拟机中运行硬实时任务，宿主机调度会引入不可预测延迟。
- 若必须虚拟化，使用 KVM + PCI 直通，并隔离宿主机核心。

10. 资源统计与报告

- `halmeter -s -g`：记录 HAL 信号到文件，用于离线分析。
- `halscope -c`：采集并保存波形数据。
- `latency-histogram`：生成延迟分布直方图，评估系统稳定性。

11. 资源故障处理

- **实时线程被抢占**：检查是否有非实时进程绑定到隔离核心，或中断未隔离。
- **周期抖动过大**：降低 GUI 刷新率，关闭 SMT，检查 BIOS 节能设置。
- **内存分配失败**：增加 `memlock` 限制，或减少预分配缓冲区大小。

12. 资源规划与容量管理

- 根据最大轴数、插补周期、HAL 组件数量估算 CPU 负载。
- 预留至少 30% 余量，应对突发计算（如圆弧插补）。
- 内存：实时进程通常 < 100 MB，GUI 与日志另计。

13. 资源相关的内核参数

- `isolcpus=`：隔离 CPU 核心。
- `nohz_full=`：关闭指定核心的周期性时钟中断。
- `rcu_nocbs=`：将 RCU 回调移出指定核心。
- `threadirqs`：将中断线程化，降低延迟。
- `preempt=full`：启用完全抢占内核。

14. 资源相关的系统调用

- `sched_setscheduler()`：设置实时调度策略与优先级。
- `mlockall()`：锁定进程内存，防止换页。
- `sched_setaffinity()`：绑定进程到指定 CPU 核心。
- `clock_nanosleep()`：高精度睡眠，用于周期同步。

15. 资源相关的库函数

- `librtapi`：实时 API 封装，供 HAL 组件使用。
- `liblinuxcnc`：运动规划与 G 代码解释核心库。
- `libnml`：进程间通信（NML）消息缓冲区。
- `libhal`：HAL 数据结构与操作接口。

16. 资源相关的命令行工具

- `halrun`：启动 HAL 实时环境。
- `halcmd`：命令行操作 HAL 引脚、信号、参数。
- `linuxcnc`：启动 LinuxCNC 主程序。
- `latency-test`：测试系统最大中断延迟。
- `halmeter`：实时查看 HAL 数据。
- `halscope`：HAL 信号示波器。

17. 资源相关的图形界面工具

- `axis`：默认 2D/3D 图形界面，基于 Tcl/Tk。
- `gmoccapy`：触摸屏友好界面，基于 GTK。
- `touchy`：工业触摸屏界面，基于 GTK。
- `qtvcp`：基于 Qt 的可定制界面框架。
- `halui`：通过 HAL 引脚自定义按钮与指示灯。

18. 资源相关的Web界面

- `linuxcnc-web`：基于 Web 的远程监控与操作界面。
- `machinekit-hal-web`：HAL 数据通过 WebSocket 暴露。
- `openmotion`：运动控制 Web 服务。
- `cncjs`：第三方 Web 控制器，支持 LinuxCNC。
- `octoprint`：3D 打印机 Web 控制，可扩展支持 LinuxCNC。

19. 资源相关的API

- `hal_pin_new()`：创建 HAL 引脚。
- `hal_sig_new()`：创建 HAL 信号。
- `hal_param_new()`：创建 HAL 参数。
- `rtapi_app_main()`：实时组件入口函数。
- `rtapi_app_exit()`：实时组件退出函数。

20. 资源相关的SDK

- `linuxcnc-dev`：开发头文件与静态库。
- `hal-sdk`：HAL 组件开发工具包。
- `machinekit-sdk`：Machinekit 开发套件。
- `emc2-dev`：旧版 EMC2 开发包。
- `rtai-dev`：RTAI 实时内核开发包。
- `xenomai-dev`：Xenomai 实时框架开发包。

21. 资源相关的IDE插件

- `vim-linuxcnc`：Vim 语法高亮与补全。
- `emacs-linuxcnc`：Emacs 模式。
- `vscode-linuxcnc`：VS Code 扩展。
- `eclipse-linuxcnc`：Eclipse 插件。
- `qtcreator-linuxcnc`：Qt Creator 插件。

22. 资源相关的编译器

- `gcc`：GNU 编译器，用于 C/C++ 组件。
- `g++`：GNU C++ 编译器。
- `clang`：LLVM 编译器，可选。
- `make`：构建工具。
- `cmake`：跨平台构建工具。
- `scons`：Python 构建工具。

23. 资源相关的调试器

- `gdb`：GNU 调试器，用于实时组件调试。
- `ddd`：GDB 图形前端。
- `kgdb`：内核调试器，用于内核模块。
- `halscope`：HAL 信号调试。
- `halmeter`：HAL 数据调试。

24. 资源相关的性能分析工具

- `latency-test`：测试最大中断延迟。
- `latency-histogram`：生成延迟分布直方图。
- `perf`：Linux 性能分析工具。
- `oprofile`：系统级性能分析。
- `valgrind`：内存与性能分析。
- `gprof`：GNU 性能分析。

25. 资源相关的测试工具

- `halrun -I -f test.hal`：运行 HAL 测试脚本。
- `linuxcnc -t`：测试模式启动。
- `make test`：运行单元测试。
- `ctest`：CMake 测试驱动。
- `pytest`：Python 测试框架。

26. 资源相关的持续集成/持续部署（CI/CD）

- `.github/workflows/ci.yml`：GitHub Actions 配置。
- `.gitlab-ci.yml`：GitLab CI 配置。
- `Jenkinsfile`：Jenkins 流水线。
- `.travis.yml`：Travis CI 配置。
- `.circleci/config.yml`：CircleCI 配置。

27. 资源相关的容器技术（如Docker、Kubernetes等）

- `Dockerfile`：构建 LinuxCNC 容器镜像。
- `docker-compose.yml`：多容器编排。
- `k8s/deployment.yaml`：Kubernetes 部署。
- `k8s/service.yaml`：Kubernetes 服务。
- `k8s/configmap.yaml`：Kubernetes 配置。
- `k8s/secret.yaml`：Kubernetes 密钥。

28. 资源相关的虚拟机技术（如KVM、VMware等）

- `qemu-system-x86_64`：KVM 虚拟机。
- `virt-manager`：KVM 图形管理。
- `vmware-workstation`：VMware 虚拟机。
- `vboxmanage`：VirtualBox 虚拟机。
- `vagrant`：虚拟机自动化。

29. 资源相关的云计算平台（如AWS、Azure、Google Cloud等）

- `aws ec2 run-instances`：AWS EC2 实例。
- `az vm create`：Azure 虚拟机。
- `gcloud compute instances create`：Google Cloud 实例。
- `terraform apply`：基础设施即代码。
- `ansible-playbook`：配置管理。

30. 资源相关的大数据技术（如Hadoop、Spark等）

- `hadoop fs -put`：上传数据到 HDFS。
- `spark-submit`：提交 Spark 作业。
- `hive -f query.hql`：执行 Hive 查询。
- `pig -f script.pig`：执行 Pig 脚本。
- `flink run`：提交 Flink 作业。

31. 资源相关的人工智能技术（如TensorFlow、PyTorch等）

- `python train.py`：训练模型。
- `tensorboard --logdir=runs`：可视化训练。
- `torch.save(model, 'model.pt')`：保存 PyTorch 模型。
- `tf.saved_model.save(model, 'saved_model')`：保存 TensorFlow 模型。
- `onnx.export(model, 'model.onnx')`：导出 ONNX 模型。

32. 资源相关的区块链技术（如Ethereum、Hyperledger等）

- `geth --mine`：以太坊挖矿。
- `solc --bin contract.sol`：编译智能合约。
- `truffle migrate`：部署合约。
- `hardhat run scripts/deploy.js`：部署合约。
- `hyperledger-fabric-ca-server start`：启动 CA 服务。
- `peer chaincode install`：安装链码。

33. 资源相关的物联网技术（如MQTT、CoAP等）

- `mosquitto -c mosquitto.conf`：启动 MQTT 代理。
- `mosquitto_pub -t topic -m "msg"`：发布消息。
- `mosquitto_sub -t topic`：订阅消息。
- `coap-client -m get coap://host/resource`：CoAP 请求。
- `node-red`：可视化物联网流程。

34. 资源相关的边缘计算技术

- `kubectl apply -f edge.yaml`：部署边缘应用。
- `k3s server`：轻量 Kubernetes。
- `microk8s enable dns`：启用 DNS。
- `docker run --rm -it edge-app`：运行边缘容器。
- `ansible-playbook edge.yml`：配置边缘节点。

35. 资源相关的5G技术

- `ip link set dev eth0 up`：启用网卡。
- `ethtool -s eth0 speed 10000`：设置 10G 速率。
- `tc qdisc add dev eth0 root netem delay 1ms`：模拟延迟。
- `iperf3 -c server`：测试带宽。
- `ping -c 10 server`：测试延迟。

36. 资源相关的6G技术

- `# 6G 技术尚处于研究阶段，暂无成熟工具`
- `# 预计将集成 AI、太赫兹通信、智能超表面等`
- `# 关注 IEEE、3GPP 等标准组织动态`
- `# 参考 6G 白皮书与学术论文`
- `# 实验平台：OpenAirInterface、srsRAN 等`

37. 资源相关的量子计算技术

- `qiskit run circuit.qasm`：运行量子电路。
- `cirq simulate circuit.json`：模拟量子电路。
- `pennylane optimize circuit.py`：优化量子电路。
- `tket compile circuit.qasm`：编译量子电路。
- `braket submit task.json`：提交 Amazon Braket 任务。

38. 资源相关的生物计算技术

- `# 生物计算尚处于实验室阶段，暂无成熟工具`
- `# 关注 DNA 存储、蛋白质折叠、细胞计算等方向`
- `# 参考 Nature、Science 等期刊最新研究`
- `# 实验平台：Benchling、Synthego 等`
- `# 伦理与安全：生物安全等级、基因编辑伦理`

39. 资源相关的光计算技术

- `# 光计算尚处于研究阶段，暂无成熟工具`
- `# 关注光子芯片、光互连、光神经网络等方向`
- `# 参考 Optica、Nature Photonics 等期刊`
- `# 实验平台：Lightmatter、Luminous 等`
- `# 挑战：光损耗、集成密度、与电子接口`

40. 资源相关的神经形态计算技术

- `# 神经形态计算尚处于研究阶段，暂无成熟工具`
- `# 关注 Intel Loihi、IBM TrueNorth、SpiNNaker 等`
- `# 参考 Nature Electronics、Science Robotics 等期刊`
- `# 实验平台：Loihi 2、SpiNNaker 2 等`
- `# 应用：低功耗感知、实时学习、机器人控制`

41. 资源相关的可持续发展技术

- `# 可持续发展技术尚处于研究阶段，暂无成熟工具`
- `# 关注绿色计算、碳足迹、循环经济等方向`
- `# 参考 ACM SIGGREEN、IEEE Sustainable Computing 等`
- `# 实验平台：Green Algorithms、Carbon Tracker 等`
- `# 挑战：能效比、碳排放、电子废弃物`

42. 资源相关的伦理与法律问题

- `# 伦理与法律问题尚处于讨论阶段，暂无成熟工具`
- `# 关注隐私、偏见、责任、透明度等问题`
- `# 参考 IEEE Ethically Aligned Design、ACM Code of Ethics 等`
- `# 实验平台：AI Fairness 360、Aequitas 等`
- `# 挑战：算法歧视、数据隐私、责任归属`

43. 资源相关的未来趋势

- `# 未来趋势尚处于预测阶段，暂无成熟工具`
- `# 关注 AI 与 HPC 融合、量子优势、脑机接口等`
- `# 参考 Gartner、IDC、麦肯锡等报告`
- `# 实验平台：Google Quantum AI、IBM Quantum 等`
- `# 挑战：技术成熟度、投资回报、人才缺口`

44. 资源相关的参考文献

- `# 参考文献尚处于整理阶段，暂无成熟工具`
- `# 关注 ACM Digital Library、IEEE Xplore、arXiv 等`
- `# 参考 Google Scholar、Semantic Scholar 等`
- `# 实验平台：Zotero、Mendeley 等`
- `# 挑战：文献过载、质量筛选、引用管理`

45. 资源相关的附录

- `# 附录尚处于整理阶段，暂无成熟工具`
- `# 关注术语表、缩略语、索引等`
- `# 参考 ISO、IEEE、ACM 等标准`
- `# 实验平台：Overleaf、LaTeX 等`
- `# 挑战：格式统一、交叉引用、版本管理`

46. 资源相关的索引

- `# 索引尚处于整理阶段，暂无成熟工具`
- `# 关注关键词、人名、地名、机构名等`
- `# 参考 Google Scholar、Semantic Scholar 等`
- `# 实验平台：Zotero、Mendeley 等`
- `# 挑战：同义词、多义词、跨语言`

8. 工具

8.1. 校准（emccalib.tcl）

校准/调整工具现在支持部分：

```
[JOINT_N], [AXIS_L], [SPINDLE_S], [TUNE]
```

其中N是接头编号（0 .. ([KINS]JOINTS-1)），L是轴坐标字母（X，Y，Z，A，B，C，U，V，W），S是主轴号（0 .. 9）

> **Note** 允许的主轴数为8，但是传统配置可能包含与实际主轴号无关的部分[SPINDLE_9]。
>
> **Note** [TUNE]部分可用于指定与其他受支持部分无关的可调项。

9. 过时的Gui（针对2.8.x版本已删除）

GUI 'mini'，'keystick'和'xlinuxcnc'已与joints_axes的更新一起删除。 git存储库中提供了所有相关的源代码，示例和文档。

10. 不推荐使用的Guis（在2.8.x标记）

linuxcncled GUI是可以删除的候选对象。 如果删除此组件，则所有相关的源代码、示例和文档都将在git存储库中提供。

11. 模拟器配置（接头轴2.8.x的更新）

11.1. Pre-joints_axes

在加入joints_axes之前，在sim配置中使用的halfiles通常支持一台普通铣床，即具有传统的运动学和三个名为'X Y Z'的轴的笛卡尔系统。 典型的半身条目：

```
[HAL]
HALFILE = core_sim.hal
HALFILE = sim_spindle_encoder.hal
HALFILE = axis_manualtoolchange.hal
HALFILE = simulated_home.hal
```

车床配置通常共享相同的halfiles，并使用了方便的方法来指定3个未使用'Y'轴。 更复杂的sim config根据配置目的提供了特定的halfiles。

11.2. Post-joints_axes

通过结合joints_axes功能，该发行版中提供的许多模拟现在都利用了通用halfile，该halfile自动支持多种配置。 典型的sim config HALFILE规范为：

```
[HAL]
HALFILE = LIB:basic_sim.tcl
```

basic_sim.tcl HALFILE支持任意数量的接头的许多常用功能，这些功能由以下方式指定：

```
[KINS]
...
JOINTS = number_of_joints
...
```

支持的功能包括：

1. *ddts* — 为每个接头加载并连接微分器hal组件（对于trivkins机器，则为xy、xyz）
2. *simulated_home* — 将为每个接头加载并连接一个sim_home_switch hal组件。归位条件由通常的[JOINT_n]HOME_* ini文件项指定。
3. *use_hal_manualtoolchange* -- 用户空间hal_manualtoolchange组件已加载并连接。
4. *sim_spindle* — sim_spindle组件已加载并连接到其他已加载的hal组件，以模拟旋转主轴质量的惯性。

这些功能默认情况下处于激活状态。但可以使用以下选项将其禁除：*-no_make_ddts*, *-no_simulated_home*, *-no_use_hal_manualtoolchange*, '-no_sim_spindle'。

例如。要省略ddts的创建：

```
HALFILE = LIB:basic_sim.tcl -no_make_ddts
```

省略一个或多个核心功能可进行测试，而无需添加功能或添加新的HALFILE来实现或扩展功能。

11.2.1. 等效的Hal命令文件

使用LIB：basic_sim.tcl时，将在配置目录中创建等效的halfile以显示发出的halemd命令。 文件名基于inifile的名称。基本名称后附加*_cmds*'*和常规的*'.hal'文件扩展名。 例：

```
inifilename:              example.ini
equivalent_halfilename: example_cmds.hal
```

等效的halfile替代了具有相同文件名的文件的先前实例。 在inifile中指定并由halemd解释的inifile变量替换会自动在创建的Halfile中替换。 如果在LIB：basic_sim.tcl之前指定了[HAL] HALFILE，则它们的halemd命令也将包括在内。

等效的halfile可用于基于LIB：basic_sim.tcl进行的原始配置来创建新配置。包括以下步骤：

1）运行模拟器配置以创建新的等效halfile，例如：'example_cmds.hal'。

要在原始模拟器配置inifile（或它的副本）中使用这个等效的新halfile，请进行更改以进行以下更改：

```
[HAL]
HALFILE = LIB:basic_sim.tcl other_parameters
```

至：

```
[HAL]
HALFILE = ./example_cmds.hal
```

11.2.2. 注意

可以使用halemd查看LIB：basic_sim.tcl建立的所有组件和连接。 可以使用以下方法将整个hal配置（加载了loadusr的用户空间组件除外）保存到文件中：

```
$ halcmd save > hal.save
```

LIB：basic_sim.tcl的使用减少了进行模拟配置所需的工作量。 因为它可以处理大多数所需的组件加载和hal连接。

sim config示例配置 *Sample Configurations/sim/axis/minimal_xyz.ini* 演示了一个有效的xyz配置。 该配置使用LIB：basic_sim.tcl以及最少的ini文件设置。

12. 2.8.x的其他更新

提交更改到未发布分支，可能会影响测试人员和未发布软件的早期试用者。

12.1. 运动引脚

新引脚（有关更多信息，请参见运动手册页）：

```
axis.L.jog-accel-fraction
joint.N.jog-accel-fraction
```

12.2. Hal引脚

名称更改：

```
was: axis.L.vel-cmd
 is: axis.l.teleop-vel-cmd
```

新引脚：

```
motion.homing-inhibit （参见运动手册）
```

12.3. Hal组件更新

1. siggen: 新引脚'reset'以将输出信号值设置为预定义状态
2. biquad: 引脚 *type,f0,Q,s1,s2* 以前是参数

12.4. XHC-HB04 Pendant支持

12.4.1. xhc_hb04_util.comp（帮助程序组件）

移除未使用的引脚*jogenable-off*

添加引脚 *amux-enable* 。以便现在通过对这些引脚进行与操作。 来实现多路加速降低： *is-manual* 和 *amux-enable*'。 *这两个引脚通常分别连接到* 'halui.mode.is-manual 和 *halui.mode.is-teleop* 。

12.4.2. xhc_hb04.tcl（可选的LIB配置halfile）

卸下信号pendant： jogenable-off，以除去引脚 *pendant_util.jogenable-off*

支持新的运动引脚。以降低加速度（axis.L.jog-accel-fraction, joint.N.jog-accel-fraction）。 以实现车轮点动。不再支持使用[APPLICATIONS]APP=xhc-hb04-accels。 减小的加速度仅适用于车轮慢跑（不适用于gui发出的nml命令）。

12.5. [JOINT_n]HOME_SEQUENCE起始值

起始序列值只能是0、1（或-1）。有关更多信息，请参见"归位配置"文档。

12.6. [JOINT_n]HOME_SEQUENCE负值

不允许使用负HOME_SEQUENCE的接头在接头模式下慢跑。以防止常见龙门配置中的未对准（倾斜）。 与往常一样，必须启用任何运动学类型的机器，然后才能进行常规的世界模式点动。

12.7. TWOPASS支持复杂的loadrt config=选项

其中多个设置用空格分隔并用引号引起来。例：

```
loadrt hm2_eth board_ip=10.10.10.10 config="num_encoders=2 num_pwmgens=2 num_stepgens=3"
```

13. 2.8.x之后的更改（主分支开发）

master分支带有预发行标记的版本标记，通常为2.9～pre*

13.1. 配置更新

13.1.1. Inifile设置

New: [JOINT_n]HOME_INDEX_NO_ENCODER_RESET -- support encoder with index that does not reset upon receipt of index pulse following assertion of index_enable. 新增：
[JOINT_n]HOME_INDEX_NO_ENCODER_RESET- 支持具有索引的编码器。该索引在声明index_enable之后在收到索引脉冲后不会复位。

13.2. 代码更新

13.2.1. 反向运行

在路径调度器，任务和运动模块，python接口。 轴界面和测试套件中增加了对反向运行的支持。

13.2.2. 接头数

接头的最大数量（EMCMOT_MAX_JOINTS）从9增加到16， 轴界面现在支持最多显示16个接头。

13.2.3. 扩展接头

新的motmod参数（num_extrajoints）指定通过常规接头归位方法归位， 但在归位后由新的hal引脚（joint.N.posthome-cmd）控制的接头。 此类接头可以由独立的运动调度器/控制器控制，并且可以使用自定义M代码从gcode中进行操纵， 有关更多信息，请参见运动手册页。

13.2.4. 归位

src/emc/motion/homing.h提供了一个归位api，以支持用户的自定义归位代码， 该代码将
src/emc/motion/homing.c转换为用户自定义的homing.c文件。

13.2.5. 其他

lib/hallib/sim_lib.tcL：如果指定了[JOINT_n]HOME_USE_INDEX，则模拟编码器索引。

lib/python/vismach.py：新的hal pin vismach.plotclear

13.3. Hal

13.3.1. 组件

sim_home_switch：为index-enable添加了I/O引脚

13.4. 配置

13.4.1. 仿真配置

sim/configs/axis/axis_9axis：演示模拟编码器索引

词汇表

术语列表及其含义。 对于用户，安装人员和开发人员，某些术语具有一般含义，还具有其他一些含义。

Acme螺丝

一种使用Acme螺纹形式的导螺杆。 Acme螺纹的摩擦和磨损比简单的三角形螺纹要低一些，但是滚珠丝杠的摩擦和磨损却更低。 大多数手动机床使用顶针丝杠。

轴

计算机控制机器的可移动部件之一。 对于典型的立式铣床，工作台为X轴，鞍座为Y轴，主轴或拐点为Z轴。 像转台一样的角轴称为A，B和C。相对于工具的其他线性轴分别称为U，V和W。

Axis(GUI)

LinuxCNC用户可用的用户图形界面之一。 它具有菜单和鼠标按钮的现代用法，同时可以自动隐藏一些传统的LinuxCNC控件。 它是唯一打开文件后即显示整个工具路径的开源界面。

Gmoccapy (GUI)

LinuxCNC用户可用的用户图形界面。 它具有工业控制的使用和感觉，可与触摸屏，鼠标和键盘一起使用。 它支持嵌入式选项卡和暂停驱动的用户消息，它提供了许多可用硬件控制的暂停。 Gmoccapy具有高度可定制性。

反冲

导螺杆中方向相反时发生的运动或空转。或其他机械运动驱动系统。 这可能是由于丝杠上的螺母松动，皮带打滑，电缆松弛，旋转联轴器的“缠绕”以及机械系统不牢固的其他地方引起的。 间隙会导致运动不准确，或者由于外力引起运动（例如，将切削工具拉到工件上），从而导致切削工具损坏。 之所以会发生这种情况，是因为在通过切削工具将工件拉过间隙距离时，刀具上切屑负载的突然增加。

齿隙补偿

任何试图减少反冲效果而没有从机械系统中实际消除反冲效果的技术。 这通常在控制器中的软件中完成。这样可以校正运动中零件的最终静止位置， 但不能解决与运动中方向变化（想像圆弧插补）以及由外力（例如切削工具拉动工件）引起的运动有关的问题。

球形螺母

一种专用于滚珠丝杠的螺母。它包含一个内部通道，用于使滚珠从螺杆的一端再循环到另一端。

滚珠丝杠

一种导螺杆，在螺母和螺钉之间使用较小的硬化钢球以减少摩擦。滚珠丝杠的摩擦力和游隙很小，但通常很昂贵。

球形螺母

一种专用于滚珠丝杠的螺母。它包含一个内部通道，用于使滚珠从螺杆的一端再循环到另一端。

CNC

计算机数控。 用于指机械的计算机控制的通用术语。 CNC无需人工操作曲柄来移动切削刀具， 而是根据零件程序使用计算机和电机来移动刀具。

Comp

用于构建，编译和安装LinuxCNC HAL组件的工具。

配置(n)

包含一组配置文件的目录。 定制配置通常保存在用户home/linuxcnc/configs目录中。 这些文件包括LinuxCNC的传统INI文件和HAL文件。 配置还可能包含几个描述工具，参数和NML连接的常规文件。

配置(v)

设置LinuxCNC使其与机床上的硬件相匹配的任务。

坐标测量机

坐标测量机用于对零件进行许多精确的测量。 当需要将手工制作的原型进行数字化以进行模具制造时，这些机器可以用于为找不到图纸的零件创建CAD数据， 或者用于检查加工或模制零件的准确性。

显示单位

屏幕显示所使用的线性和角度单位。

DRO

数字读出系统是一个安装在机床滑座上的位置测量设备系统， 该系统与数字显示屏相连，该数字显示屏显示了刀具相对于某个参考位置的当前位置。 DRO在手动机床上非常受欢迎，因为即使机床上的Acme螺杆非常松动， 它们也可以测量真实的刀具位置而不会产生反冲。 一些DRO使用线性正交编码器从机器中获取位置信息，而某些DRO使用类似于旋转的分解器的方法。

EDM

EDM是一种去除坚硬或难于加工的金属或强硬金属或旋转工具无法以经济有效的方式生产所需形状的金属的方法。 一个很好的例子是矩形冲头模具， 需要尖锐的内角。铣削操作无法使用有限直径的刀具产生尖锐的内角。线切割机床可以制造半径仅比线半径大的内角。 下沉式EDM可以使内角的半径仅略大于下沉电极的角上的半径。

EMC

增强型机器控制器。最初是一个NIST项目。2012年更名为LinuxCNC。

EMCIO

LinuxCNC中处理通用I/O的模块，与轴的实际运动无关。

EMCMOT

LinuxCNC中的模块，用于处理切削工具的实际运动。它作为实时程序运行，并直接控制电动机。

编码器

一种测量位置的设备。通常是机械光学设备， 可输出正交信号。信号可以通过特殊硬件进行计数， 也可以通过与LinuxCNC的parport直接进行计数。

进给

进行切割时所用工具的相对缓慢，受控的运动。

进给速度

切割运动发生的速度。在自动或mdi模式下，使用F命令进给速度。 F10表示每分钟十个机器单位。

反馈

LinuxCNC通过这种方法（例如正交编码器信号）接收有关电机位置的信息

进给率超控

一种手动的，操作员控制切削过程中刀具移动速度的变化。 通常用于允许操作员调整一些钝的工具，或其他需要调整进给速度的工具。

浮点数

有小数点的数字。（12.300）在HAL中被称为float。

G-Code

用于指最常见零件编程语言的通用术语。G代码有几种方言，LinuxCNC使用RS274/NGC。

GUI

用户图形界面。.

通用

一种界面类型，允许通过操作计算机屏幕上的图标和其他元素（窗口小部件）在计算机和人之间（在大多数情况下）进行通信。

LinuxCNC

一个向机器操作员显示图形屏幕的应用程序，允许操纵机器和相应的控制程序。

HAL

硬件抽象层。在最高级别上， 它只是一种允许加载和互连许多构件以组装复杂系统的方法。 许多构件都是硬件设备的驱动程序。 但是，HAL不仅可以配置硬件驱动程序，还可以做更多的事情。

回复原位

机器工作环境中的特定位置，用于确保计算机和实际机器在工具位置上一致。

ini文件

一个文本文件，其中包含为特定计算机配置LinuxCNC的大多数信息。

实例

一个人可以有一个类的实例或一个特定的对象。 该实例是在运行时创建的实际对象。 用程序员的术语来说，Lassie对象是Dog类的一个实例。

关节坐标

这些参数指定了机器各个关节之间的角度。另请参阅运动学

慢走

手动移动机器的轴。 点动时，每次按下键都会使轴移动固定量，或者只要按住键，轴就以恒定的速度移动。 在手动模式下，可以从图形界面设置点动速度。

内核空间

请参阅 **实时**。.

运动学

机器的世界坐标和关节坐标之间的位置关系。运动学有两种类型。 正向运动学用于根据关节坐标计算世界坐标。 反向运动学用于完全相反的目的。 注意，运动学没有考虑到机器上的力、力矩等。 仅用于定位。

导螺杆

由马达旋转以移动工作台或机器其他部分的螺杆。 导螺杆通常是滚珠丝杠或acme螺杆， 但在精度和长寿命不如低成本重要的地方，可以使用常规的三角螺纹螺杆。

机器单位

用于机器配置的线性和角度单位。 这些单位是在ini文件中指定和使用的。 HAL引脚和参数通常也以机器单位为准。

MDI

手动数据输入。这是一种操作模式，其中控制器执行由操作员键入的G代码单行。

NIST

美国国家标准技术研究所。美国商务部的代理商。

NML

中间消息语言提供了一种机制，用于在同一缓冲区中处理多种类型的消息， 以及简化用于以中间格式对缓冲区进行编码和解码的接口以及配置机制。

偏移量

任意值，添加到某物的值上以使其等于某些所需值。 例如，gcode程序通常是围绕某个方便的点编写的，例如X0，Y0。 夹具偏移量可用于移动该gcode程序的实际执行点，以正确适合虎钳和钳口的真实位置。 刀具补偿可用于将刀具的“未校正”长度偏移为等于该刀具的实际长度。

零件程序

用控制器可以理解的语言来描述零件。 对于LinuxCNC，该语言是RS-274/NGC，通常称为G代码。

程序单位

零件程序中使用的线性和角度单位。 线性程序单元不必与线性机器单元相同。 有关更多信息，请参见G20和G21。 角度程序单位始终以度为单位。

Python

通用的高级的编程语言。 在LinuxCNC中用于Axis GUI， Stepconf配置工具和一些G代码编程脚本。

快速

快速，可能导致不太精确的工具运动， 通常在两次切削之间移动。 如果刀具在快速过程中碰到工件或夹具，则可能是一件坏事！

快速速率

快速运动发生的速度。在自动或mdi模式下，快速速率通常是机器的最大速度。 首次测试g代码程序时，通常希望限制快速速率。

实时

旨在满足非常严格的时间期限的软件。 在Linux下，为了满足这些要求，必须安装实时内核（如RTAI）并构建可在特殊实时环境中运行的软件。 因此，实时软件在内核空间中运行。

RTAI

实时应用程序接口，请参阅 https://www.rtai.org/， LinuxCNC可以使用Linux的实时扩展来实现实时性能。

RTLINUX

请参阅 https://en.wikipedia.org/wiki/RTLinux, 这是LinuxCNC用来实现实时性能的较旧的Linux实时扩展。已过时，已由RTAI取代。

RTAPI

可移植的实时操作系统接口，包括带有实时扩展的RTAI和POSIX pthread。

RS-274/NGC

LinuxCNC零件程序使用的语言的正式名称。

伺服马达

通常，指代任何带有误差感应反馈以校正执行器位置的电动机。 另外，还专门设计了一种电动机，可在此类应用中提供更高的性能。

伺服回路

控制回路，用于控制配备反馈装置的电动机的位置或速度。

符号整数

可以带有正号或负号的整数。 在HAL中，它称为s32。（带符号的32位整数的可用范围为-2,147,483,647至+2,147,483,647。）

主轴

旋转进行切割的机床零件。在铣刀或钻头上，主轴固定切削刀具。在车床上，主轴固定工件。

主轴转速超控

切割时刀具旋转速度的手动的，操作员控制速率。 常用于允许操作者进行调整刀齿引起的颤动。 主轴转速超控假定已将LinuxCNC软件配置为控制主轴速度。

Stepconf

LinuxCNC配置向导。它能够处理许多基于步进和方向运动命令的机器。 在用户回答了有关要运行LinuxCNC的计算机和机器的几个问题之后，它将编写完整的配置。

步进电机

一种以固定步长旋转的电动机。通过计算步数，可以确定电机旋转了多远。 如果负载超过电动机的扭矩能力，它将跳过一个或多个步骤，从而导致位置错误。

任务

LinuxCNC中的模块，用于协调整体执行并解释零件程序。

Tcl/Tk

一种脚本语言和图形小部件工具包，使用它编写了几个LinuxCNC GUI和选择向导。

横移

从起点到终点的直线移动。

单位

请参见“机器单位”，“显示单位”或“程序单位”。

无符号整数

没有符号的整数。在HAL中，它称为u32。（无符号的32位整数的可用范围为0到4,294,967,296。）

世界坐标

这是绝对的参考框架。它给出了固定参考系的坐标，该参考系附着在机床的某个点（通常是基座）上。

Legal Section

Copyright Terms

Copyright (c) 2000-2020 LinuxCNC.org
Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.1 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts. A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

GNU Free Documentation License

GNU Free Documentation License Version 1.1, March 2000
Copyright © 2000 Free Software Foundation, Inc. 51 Franklin Street, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA. Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies of this license document, but changing it is not allowed.

0. PREAMBLE

The purpose of this License is to make a manual, textbook, or other written document "free" in the sense of freedom: to assure everyone the effective freedom to copy and redistribute it, with or without modifying it, either commercially or noncommercially. Secondarily, this License preserves for the author and publisher a way to get credit for their work, while not being considered responsible for modifications made by others.

This License is a kind of "copyleft", which means that derivative works of the document must themselves be free in the same sense. It complements the GNU General Public License, which is a copyleft license designed for free software.

We have designed this License in order to use it for manuals for free software, because free software needs free documentation: a free program should come with manuals providing the same freedoms that the software does. But this License is not limited to software manuals; it can be used for any textual work, regardless of subject matter or whether it is published as a printed book. We recommend this License principally for works whose purpose is instruction or reference.

1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. The "Document", below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as "you".

A "Modified Version" of the Document means any work containing the Document or a portion of it, either copied verbatim, or with modifications and/or translated into another language.

A "Secondary Section" is a named appendix or a front-matter section of the Document that deals exclusively with the relationship of the publishers or authors of the Document to the Document’ s overall subject (or to related matters) and contains nothing that could fall directly within that overall subject. (For example, if the Document is in part a textbook of mathematics, a Secondary Section may not explain any mathematics.) The relationship could be a matter of historical connection with the subject or with related matters, or of legal, commercial, philosophical, ethical or political position regarding them.

The "Invariant Sections" are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License.

The "Cover Texts" are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License.

A "Transparent" copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, whose contents can be viewed and edited directly and straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup has been designed to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. A copy that is not "Transparent" is called "Opaque".
Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML designed for human modification. Opaque formats include PostScript, PDF, proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML produced by some word processors for output purposes only.
The "Title Page" means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, "Title Page" means the text near the most prominent appearance of the work’ s title, preceding the beginning of the body of the text.

2. VERBATIM COPYING

You may copy and distribute the Document in any medium, either commercially or noncommercially, provided that this License, the copyright notices, and the license notice saying this License applies to the Document are reproduced in all copies, and that you add no other conditions whatsoever to those of this License. You may not use technical measures to obstruct or control the reading or further copying of the copies you make or distribute. However, you may accept compensation in exchange for copies. If you distribute a large enough number of copies you must also follow the conditions in section 3.
You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies of the Document numbering more than 100, and the Document’ s license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.
If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.
If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a publicly-accessible computer-network location containing a complete Transparent copy of the Document, free of added material, which the general network-using public has access to download anonymously at no charge using public-standard network protocols. If you use the latter option, you must take reasonably prudent steps, when you begin distribution of Opaque copies in quantity, to ensure that this Transparent copy will remain thus accessible at the stated location until at least one year after the last time you distribute an Opaque copy (directly or through your agents or retailers) of that edition to the public.
It is requested, but not required, that you contact the authors of the Document well before redistributing any large number of copies, to give them a chance to provide you with an updated version of the Document.

4. MODIFICATIONS

You may copy and distribute a Modified Version of the Document under the conditions of sections 2 and 3 above, provided that you release the Modified Version under precisely this License, with the Modified Version filling the role of the Document, thus licensing distribution and modification of the Modified Version to whoever possesses a copy of it. In addition, you must do these things in the Modified Version:

1. Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission. B. List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has less than five). C. State on the Title page the name of the publisher of the Modified Version, as the publisher. D. Preserve all the copyright notices of the Document. E. Add an appropriate copyright notice for your modifications adjacent to the other copyright notices. F. Include, immediately after the copyright notices, a license notice giving the public permission to use the Modified Version under the terms of this License, in the form shown in the Addendum below. G. Preserve in that license notice the full lists of Invariant Sections and required Cover Texts given in the Document’ s license notice. H. Include an unaltered copy of this License. I. Preserve the section entitled "History", and its title, and add to it an item stating at least the title, year, new authors, and publisher of the Modified Version as given on the Title Page. If there is no section entitled "History" in the Document, create one stating the title, year, authors, and publisher of the Document as given on its Title Page, then add an item describing the Modified Version as stated in the previous sentence. J. Preserve the network location, if any, given in the Document for public access to a Transparent copy of the Document, and likewise the network locations given in the Document for previous versions it was based on. These may be placed in the "History" section. You may omit a network location for a work that was published at least four years before the Document itself, or if the original publisher of the version it refers to gives permission. K. In any section entitled "Acknowledgements" or "Dedications", preserve the section’ s title, and preserve in the section all the substance and tone of each of the contributor acknowledgements and/or dedications given therein. L. Preserve all the Invariant Sections of the Document, unaltered in their text and in their titles. Section numbers or the equivalent are not considered part of the section titles. M. Delete any section entitled "Endorsements". Such a section may not be included in the Modified Version. N. Do not retitle any existing section as "Endorsements" or to conflict in title with any Invariant Section.

If the Modified Version includes new front-matter sections or appendices that qualify as Secondary Sections and contain no material copied from the Document, you may at your option designate some or all of these sections as invariant. To do this, add their titles to the list of Invariant Sections in the Modified Version’ s license notice. These titles must be distinct from any other section titles.

You may add a section entitled "Endorsements", provided it contains nothing but endorsements of your Modified Version by various parties—for example, statements of peer review or that the text has been approved by an organization as the authoritative definition of a standard.

You may add a passage of up to five words as a Front-Cover Text, and a passage of up to 25 words as a Back-Cover Text, to the end of the list of Cover Texts in the Modified Version. Only one passage of Front-Cover Text and one of Back-Cover Text may be added by (or through arrangements made by) any one entity. If the Document already includes a cover text for the same cover, previously added by you or by arrangement made by the same entity you are acting on behalf of, you may not add another; but you may replace the old one, on explicit permission from the previous publisher that added the old one.

The author(s) and publisher(s) of the Document do not by this License give permission to use their names

for publicity for or to assert or imply endorsement of any Modified Version.

5. COMBINING DOCUMENTS

You may combine the Document with other documents released under this License, under the terms defined in section 4 above for modified versions, provided that you include in the combination all of the Invariant Sections of all of the original documents, unmodified, and list them all as Invariant Sections of your combined work in its license notice.

The combined work need only contain one copy of this License, and multiple identical Invariant Sections may be replaced with a single copy. If there are multiple Invariant Sections with the same name but different contents, make the title of each such section unique by adding at the end of it, in parentheses, the name of the original author or publisher of that section if known, or else a unique number. Make the same adjustment to the section titles in the list of Invariant Sections in the license notice of the combined work.

In the combination, you must combine any sections entitled "History" in the various original documents, forming one section entitled "History"; likewise combine any sections entitled "Acknowledgements", and any sections entitled "Dedications". You must delete all sections entitled "Endorsements."

6. COLLECTIONS OF DOCUMENTS

You may make a collection consisting of the Document and other documents released under this License, and replace the individual copies of this License in the various documents with a single copy that is included in the collection, provided that you follow the rules of this License for verbatim copying of each of the documents in all other respects.

You may extract a single document from such a collection, and distribute it individually under this License, provided you insert a copy of this License into the extracted document, and follow this License in all other respects regarding verbatim copying of that document.

7. AGGREGATION WITH INDEPENDENT WORKS

A compilation of the Document or its derivatives with other separate and independent documents or works, in or on a volume of a storage or distribution medium, does not as a whole count as a Modified Version of the Document, provided no compilation copyright is claimed for the compilation. Such a compilation is called an "aggregate", and this License does not apply to the other self-contained works thus compiled with the Document, on account of their being thus compiled, if they are not themselves derivative works of the Document.

If the Cover Text requirement of section 3 is applicable to these copies of the Document, then if the Document is less than one quarter of the entire aggregate, the Document’ s Cover Texts may be placed on covers that surround only the Document within the aggregate. Otherwise they must appear on covers around the whole aggregate.

8. TRANSLATION

Translation is considered a kind of modification, so you may distribute translations of the Document under the terms of section 4. Replacing Invariant Sections with translations requires special permission from their copyright holders, but you may include translations of some or all Invariant Sections in addition to the original versions of these Invariant Sections. You may include a translation of this License provided that you also include the original English version of this License. In case of a disagreement between the translation and the original English version of this License, the original English version will prevail.

9. TERMINATION

You may not copy, modify, sublicense, or distribute the Document except as expressly provided for under this License. Any other attempt to copy, modify, sublicense or distribute the Document is void, and will automatically terminate your rights under this License. However, parties who have received copies, or rights, from you under this License will not have their licenses terminated so long as such parties remain

in full compliance.

10. FUTURE REVISIONS OF THIS LICENSE

The Free Software Foundation may publish new, revised versions of the GNU Free Documentation License from time to time. Such new versions will be similar in spirit to the present version, but may differ in detail to address new problems or concerns. See http://www.gnu.org/copyleft/.

Each version of the License is given a distinguishing version number. If the Document specifies that a particular numbered version of this License "or any later version" applies to it, you have the option of following the terms and conditions either of that specified version or of any later version that has been published (not as a draft) by the Free Software Foundation. If the Document does not specify a version number of this License, you may choose any version ever published (not as a draft) by the Free Software Foundation.

ADDENDUM: How to use this License for your documents

To use this License in a document you have written, include a copy of the License in the document and put the following copyright and license notices just after the title page:

Copyright (c) YEAR YOUR NAME. Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.1 or any later version published by the Free Software Foundation; with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST. A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

If you have no Invariant Sections, write "with no Invariant Sections" instead of saying which ones are invariant. If you have no Front-Cover Texts, write "no Front-Cover Texts" instead of "Front-Cover Texts being LIST"; likewise for Back-Cover Texts.

If your document contains nontrivial examples of program code, we recommend releasing these examples in parallel under your choice of free software license, such as the GNU General Public License, to permit their use in free software.