
Inhaltsverzeichnis

1	Über LinuxCNC	1
1.1	Die Software	1
1.2	Das Betriebssystem	2
1.3	Hilfe erhalten	2
1.3.1	IRC	2
1.3.2	Mailingliste	2
1.3.3	Web-Forum	3
1.3.4	LinuxCNC-Wiki	3
1.3.5	Fehlerberichte	3
2	Systemvoraussetzungen	4
2.1	Mindestanforderungen	4
2.2	Kernel- und Versionsanforderungen	5
2.2.1	Preempt-RT mit dem Paket <i>linuxcnc-usrpace</i>	5
2.2.2	RTAI mit <i>linuxcnc</i> -Paket	5
2.2.3	Xenomai mit <i>linuxcnc-usrpace</i> Paket	5
2.2.4	RTAI mit <i>linuxcnc-usrpace</i> -Paket	5
2.3	Problematische Hardware	6
2.3.1	Laptops	6
2.3.2	Videokarten	6
3	LinuxCNC erhalten	7
3.1	Installing LinuxCNC on Debian 12 or higher	7
3.2	Install Debian Bookworm on a X86/AMD64 machine	8
3.3	Install Debian Bookworm on a Raspberry Pi	8
3.4	Probleme bei der Installation	10
3.5	Bookworm Tweaks	10
3.5.1	Basic Tweaks	10
3.6	PREEMPT_RT Tweaks (x86/AMD64 only)	11
3.7	Review Latency	11

3.8 Set fixed ip address - only for mesa card.	12
3.9 Updating LinuxCNC on Debian Bookworm (X86 only)	12
3.10 Realtek network drivers	13
3.11 Installing a later kernel	14
3.12 Alternative Installationsmethoden	15
4 Ausführen von LinuxCNC	17
4.1 Aufrufen von LinuxCNC	17
4.2 Konfigurationsstarter	17
4.3 Nächste Schritte für die Konfiguration	20
4.4 Simulator-Konfigurationen	20
4.5 Konfigurationsressourcen	20
5 Aktualisieren von LinuxCNC	22
5.1 Upgrade auf die neue Version	22
5.1.1 Apt Sources Konfiguration	23
5.1.2 Upgrade auf die neue Version	24
5.1.2.1 Debian Buster, Bullseye and Bookworm	24
5.1.3 Ubuntu	24
5.2 Aktualisieren ohne Netzwerk	25
5.3 Updating Configuration Files for 2.9	25
5.3.1 Stricter handling of pluggable interpreters	25
5.3.2 Canterp	25
5.4 Updating Configuration Files (for 2.9.x)	26
5.4.1 Spindle limits in the INI	26
5.5 New HAL components	26
5.5.1 Non-Realtime	26
5.5.2 Echtzeit	26
5.6 New Drivers	26
6 Glossar	27
7 Juristischer Abschnitt	33
7.1 Copyright-Bedingungen	33
7.2 GNU Free Documentation License	33
8 Index	38

Das LinuxCNC-Team



Dieses Handbuch ist noch in Arbeit. Wenn Sie beim Schreiben, Redigieren oder bei der grafischen Aufbereitung helfen können, wenden Sie sich bitte an ein Mitglied des Redaktionsteams oder schreiben Sie eine E-Mail (bevorzugt auf Englisch, aber nicht zwingend, es findet sich jemand) an emc-users@lists.sourceforge.net.

Copyright © 2000-2020 LinuxCNC.org

Es wird die Erlaubnis erteilt, dieses Dokument unter den Bedingungen der GNU Free Documentation License, Version 1.1 oder einer späteren Version, die von der Free Software Foundation veröffentlicht wurde, zu kopieren, zu verbreiten und/oder zu verändern; ohne unveränderliche Abschnitte, ohne Texte auf der Vorderseite und ohne Texte auf der Rückseite des Umschlags. Eine Kopie der Lizenz ist in dem Abschnitt "GNU Free Documentation License" enthalten.

Wenn Sie die Lizenz nicht finden, können Sie eine Kopie bei uns bestellen:

Free Software Foundation, Inc.
51 Franklin Street
Fifth Floor
Boston, MA 02110-1301 USA.

(Maßgeblich ist die englische Sprachfassung, deswegen wurde sie hier nicht übersetzt, im Fall von Verständnisproblemen siehe zur Anregung <http://www.gnu.de/documents/gpl-3.0.de.html> und lassen Sie sich beraten)

LINUX® ist das eingetragene Warenzeichen von Linus Torvalds in den USA und anderen Ländern. Die eingetragene Marke Linux® wird im Rahmen einer Unterlizenz von LMI, dem exklusiven Lizenznehmer von Linus Torvalds, dem Eigentümer der Marke auf weltweiter Basis, verwendet.

Das LinuxCNC-Projekt ist nicht mit Debian® verbunden. Debian_ ist ein eingetragenes Warenzeichen im Besitz von Software in the Public Interest, Inc.

Das LinuxCNC-Projekt ist nicht mit UBUNTU® verbunden. UBUNTU ist eine eingetragene Marke im Besitz von Canonical Limited.

Kapitel 1

Über LinuxCNC

1.1 Die Software

- LinuxCNC (Enhanced Machine Control) ist ein Softwaresystem zur Computersteuerung von Werkzeugmaschinen wie Fräs- und Drehmaschinen, Robotern wie Puma und Scara und anderen computergesteuerten Maschinen mit bis zu 9 Achsen.
 - LinuxCNC ist freie Software mit offenem Quellcode. Aktuelle Versionen von LinuxCNC sind vollständig unter der GNU General Public License und Lesser GNU General Public License (GPL und LGPL) lizenziert
 - LinuxCNC bietet:
 - einfaches Entdecken und Testen ohne Installation mit der LiveCD
 - einfache Installation von der Live-CD
 - benutzerfreundliche grafische Konfigurationsassistenten zum schnellen Erstellen einer maschinenspezifischen Konfiguration
 - direkt verfügbar als reguläre Pakete in den letzten Veröffentlichungen von Debian (seit Bookworm) und Ubuntu (seit Kinetic Kudu)
 - eine grafische Benutzeroberfläche (GUI) (es stehen sogar mehrere GUIs zur Auswahl)
 - ein Tool zur Erstellung einer grafischen Benutzeroberfläche (Glade)
 - ein Interpreter für *G-Code* (die Programmiersprache für RS-274-Werkzeugmaschinen)
 - ein System zur Bewegungsplanung in Echtzeit mit Vorausschau
 - Betrieb von Low-Level-Maschinenelektronik wie Sensoren und Motorantriebe
 - eine einfach zu bedienende *Steckplatinen*-Schicht für die schnelle Erstellung einer einzigartigen Konfiguration für Ihre Maschine
 - eine mit Leiterdiagrammen programmierbare Software-SPS
 - Es bietet keine Zeichnungsfunktionen (CAD - Computer Aided Design) oder G-Code-Generierung aus der Zeichnung (CAM - Computer Automated Manufacturing).
 - Er kann bis zu 9 Achsen gleichzeitig bewegen und unterstützt eine Vielzahl von Schnittstellen.
 - Die Steuerung kann echte Servos (analog oder PWM) mit der Feedback-Schleife durch die LinuxCNC-Software auf dem Computer, oder Open-Loop mit Schritt-Servos oder Schrittmotoren betreiben.
 - Zu den Funktionen der Bewegungssteuerung gehören: Fräserradius- und Längenkompensation, auf eine bestimmte Toleranz begrenzte Bahnabweichung, Gewindedrehen, synchronisierte Achsenbewegung, adaptiver Vorschub, Vorschubübersteuerung durch den Bediener und konstante Geschwindigkeitsregelung.
-

- Unterstützung für nicht-kartesische Bewegungssysteme wird über benutzerdefinierte Kinematikmodule bereitgestellt. Zu den verfügbaren Architekturen gehören Hexapoden (Stewart-Plattformen und ähnliche Konzepte) und Systeme mit Drehgelenken für die Bewegung wie PUMA- oder SCARA-Roboter.
- LinuxCNC läuft auf Linux mit Echtzeit-Erweiterungen.

1.2 Das Betriebssystem

LinuxCNC ist als gebrauchsfertige Pakete für die Ubuntu- und Debian-Distributionen verfügbar.

1.3 Hilfe erhalten

1.3.1 IRC

IRC steht für Internet Relay Chat. Es ist eine Live-Verbindung zu anderen LinuxCNC-Benutzern. Der LinuxCNC IRC-Kanal ist `#linuxcnc` auf `libera.chat`.

Der einfachste Weg, in den IRC zu gelangen, ist die Verwendung des eingebetteten Clients auf dieser [Seite](#).

Etwas IRC-Etikette

- Stellen Sie gezielte Fragen... Vermeiden Sie Fragen wie „Kann mir jemand helfen?“.
- Wenn Sie wirklich neu auf diesem Gebiet sind, denken Sie ein wenig über Ihre Frage nach, bevor Sie sie tippen. Stellen Sie sicher, dass Sie genügend Informationen geben, damit jemand Ihre Frage lösen kann.
- Haben Sie etwas Geduld, wenn Sie auf eine Antwort warten, denn manchmal dauert es eine Weile, bis eine Antwort formuliert wird, oder alle sind mit der Arbeit beschäftigt oder so.
- Richten Sie Ihr IRC-Konto mit Ihrem eindeutigen Namen ein, damit andere wissen, wer Sie sind. Wenn Sie den Java-Client verwenden, sollten Sie jedes Mal, wenn Sie sich anmelden, denselben Namen verwenden. So können sich die Leute merken, wer Sie sind, und wenn Sie schon einmal dabei waren, werden sich viele an die vergangenen Diskussionen erinnern, was für beide Seiten Zeit spart.

Dateien teilen

Die gängigste Art, Dateien im IRC auszutauschen, besteht darin, die Datei auf einen der folgenden oder einen ähnlichen Dienst hochzuladen und den Link einzufügen:

- *For text:* <https://pastebin.com/>, <http://pastie.org/>, <https://gist.github.com/>
- *For pictures:* <https://imagebin.org/>, <https://imgur.com/>, <https://bayimg.com/>
- *For files:* <https://filedropper.com/>, <https://filefactory.com/>, <https://1fichier.com/>

1.3.2 Mailingliste

Eine Internet-Mailingliste ist eine Möglichkeit, Fragen zu stellen, die jeder auf dieser Liste sehen und nach Belieben beantworten kann. Auf einer Mailingliste können Sie Ihre Fragen besser stellen als im IRC, aber die Antworten dauern länger. Kurz gesagt: Sie senden eine Nachricht an die Liste und erhalten entweder tägliche Zusammenfassungen oder individuelle Antworten, je nachdem, wie Sie Ihr Konto eingerichtet haben.

Sie können die Mailingliste `emc-users` abonnieren unter: <https://lists.sourceforge.net/lists/listinfo/emc-users>

1.3.3 Web-Forum

Ein Webforum finden Sie unter <https://forum.linuxcnc.org> oder über den Link oben auf der Homepage von linuxcnc.org.

Diese ist recht aktiv, aber die Zielgruppe ist stärker auf die Benutzer ausgerichtet als die Mailingliste. Wenn Sie sicher sein wollen, dass Ihre Nachricht von den Entwicklern gesehen wird, sollten Sie die Mailingliste bevorzugen.

1.3.4 LinuxCNC-Wiki

Eine Wiki-Site ist eine von Benutzern gepflegte Website, die von jedermann ergänzt und bearbeitet werden kann.

The user maintained LinuxCNC Wiki site contains a wealth of information and tips at: <https://wiki.linuxcnc.org>

1.3.5 Fehlerberichte

Report bugs to the LinuxCNC [github bug tracker](#).

Kapitel 2

Systemvoraussetzungen

2.1 Mindestanforderungen

Das minimale System, um LinuxCNC unter Debian/Ubuntu zu nutzen variiert mit der jeweiligen Anwendung. Stepper-Systeme benötigen im Allgemeinen schnellere Threads, um Schritimpulse zu erzeugen, als Servo-Systeme. Sie können die Live-CD verwenden, um die Software zu testen, bevor Sie sich für eine permanente Installation auf einem Computer entscheiden. Beachten Sie, dass die Zahlen des Latenz-Tests für die Software-Schritterzeugung wichtiger sind als die Prozessorgeschwindigkeit. Mehr Informationen über den Latency Test sind [hier](#). Außerdem muss LinuxCNC auf einem Betriebssystem ausgeführt werden, das einen speziell modifizierten Kernel verwendet, siehe [Kernel and Version Requirements](#).

Additional information is on the LinuxCNC Wiki site: [Hardware Requirements](#)

LinuxCNC und Debian Linux sollte einigermaßen gut auf einem Computer mit den folgenden minimalen Hardware-Spezifikationen laufen. Diese Zahlen sind nicht das absolute Minimum, sondern wird eine angemessene Leistung für die meisten Stepper-Systeme geben.

- 700 MHz x86-Prozessor (1,2 GHz x86-Prozessor empfohlen) oder Raspberry Pi 4 oder besser.
- Um LinuxCNC 2.8 und Debian Buster von der LiveCD auszuführen, sollte das System 64-Bit-fähig sein.
- 512 MB oder mehr RAM
- 8 GB Festplatte
- Grafikkarte mit einer Auflösung von mindestens 1024x768, die nicht die proprietären NVidia- oder ATI-Treiber verwendet. Moderne Onboard-Grafikchipsätze scheinen im Allgemeinen in Ordnung zu sein.
- Eine Netzwerk- oder Internetverbindung (nicht unbedingt erforderlich, aber sehr nützlich für Updates und für die Kommunikation mit der LinuxCNC-Community)

Die Mindestanforderungen an die Hardware ändern sich mit der Weiterentwicklung der Linux-Distributionen, daher sollten Sie sich auf der [Debian](#)-Website über die Details der von Ihnen verwendeten LiveCD informieren. Bei älterer Hardware kann es von Vorteil sein, eine ältere Version der LiveCD zu wählen, wenn diese verfügbar ist.

2.2 Kernel- und Versionsanforderungen

LinuxCNC erfordert einen Kernel, der für die Echtzeitnutzung modifiziert wurde, um echte Maschinenhardware zu steuern. Es kann jedoch auf einem Standard-Kernel im Simulationsmodus für Zwecke wie die Überprüfung G-Code, Testen von Konfigurationsdateien und Lernen des Systems laufen. Um mit diesen Kernel-Versionen arbeiten zu können, werden zwei Versionen von LinuxCNC verteilt. Die Paketnamen sind "linuxcnc" und "linuxcnc-ospace".

Die Echtzeit-Kerneloptionen sind preempt-rt, RTAI und Xenomai.

Sie können die Kernel-Version Ihres Systems mit dem folgenden Befehl ermitteln:

```
uname -a
```

Wenn Sie (wie oben) -rt- im Kernel-Namen sehen, dann laufen Sie mit dem preempt-rt Kernel und sollten die "ospace" Version von LinuxCNC installieren. Sie sollten auch ospace für "sim"-Konfigurationen auf Nicht-Echtzeit-Kerneln installieren

Wenn Sie -rtai- im Kernel-Namen sehen, dann laufen Sie mit RTAI-Echtzeit. Siehe unten für die LinuxCNC Version zu installieren.

2.2.1 Preempt-RT mit dem Paket *linuxcnc-ospace*

Preempt-RT is the newest of the realtime systems, and is also the version that is closest to a mainline kernel. Preempt-RT kernels are available as precompiled packages from the main repositories. The search term "PREEMPT_RT" will find them, and one can be downloaded and installed just like any other package. Preempt-RT will generally have the best driver support and is the only option for systems using the Mesa ethernet-connected hardware driver cards. In general preempt-rt has the worst latency of the available systems, but there are exceptions.

2.2.2 RTAI mit *linuxcnc*-Paket

RTAI ist seit vielen Jahren die Hauptstütze der LinuxCNC-Distributionen. Es wird in der Regel die beste Echtzeit-Leistung in Bezug auf niedrige Latenz, aber möglicherweise schlechtere Peripherie-Unterstützung und nicht so viele Bildschirmauflösungen haben. Ein RTAI-Kernel ist im LinuxCNC-Paket-Repository verfügbar. Wenn Sie aus dem Live/Install-Image installiert haben, wird der Wechsel zwischen Kernel und LinuxCNC-Flavour in [Installing-RTAI] beschrieben.

2.2.3 Xenomai mit *linuxcnc-ospace* Paket

Xenomai wird auch unterstützt, aber Sie müssen den Kernel finden oder bauen und LinuxCNC aus den Quellen kompilieren, um es zu nutzen.

2.2.4 RTAI mit *linuxcnc-ospace*-Paket

Es ist auch möglich, LinuxCNC mit RTAI im User-Space-Modus zu betreiben. Wie bei Xenomai müssen Sie dazu aus dem Quellcode kompilieren.

2.3 Problematische Hardware

2.3.1 Laptops

Laptops sind im Allgemeinen nicht für die Erzeugung von Softwareschritten in Echtzeit geeignet. Auch hier wird Ihnen ein Latenztest über einen längeren Zeitraum die Informationen liefern, die Sie benötigen, um die Eignung festzustellen.

2.3.2 Videokarten

Wenn Ihre Installation mit einer Bildschirmauflösung von 800 x 600 erscheint, erkennt Debian höchstwahrscheinlich Ihre Grafikkarte oder Ihren Monitor nicht. Dies kann manchmal durch die Installation von Treibern oder die Erstellung/Bearbeitung von Xorg.conf-Dateien umgangen werden.

Kapitel 3

LinuxCNC erhalten

This section describes how to install LinuxCNC version 2.9 on a PC already running Debian Bookworm (Debian 12). LinuxCNC requires the PREEMPT_RT real time kernel to ensure the strict timing required for CNC operations are met. We will also cover how to install Debian Bookworm optimised for LinuxCNC on the x86/AMD64 and ARM64 platforms for first time users. We will also cover some troubleshooting steps and common problems you may experience.

Anmerkung

The PREEMPT_RT kernel is a dependency of LinuxCNC so on most computer platforms, eg AMD64/x86, it will be installed with LinuxCNC. On some platforms such as the Raspberry Pi, it needs to be installed separately. Some environments (eg. Armbian) may support installation of Debian Bookworm but require special procedures to install PREEMPT_RT which are beyond the scope of this document.

There are other versions of LinuxCNC which work with Xenomai and RTAI kernels. See the table at the end of this document for details.

3.1 Installing LinuxCNC on Debian 12 or higher

Log in an ordinary user with sudo rights (the normal case) Open a Terminal window and type these commands to ensure your system is up to date:

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

On a Raspberry Pi, Install the PREEMPT_RT kernel. Type:

```
sudo apt install linux-image-rt-arm64 linux-headers-rt-arm64
```

Now install LinuxCNC (any platform)

```
sudo apt install linuxcnc-ospace linuxcnc-ospace-dev
```

Optionally you can install mesaflash if you are using a Mesa card:

```
sudo apt install mesaflash
```

Reboot and log in again as the same user. Open a terminal window and check PREEMPT_RT is installed:

```
uname -v
```

PREEMPT_RT should be displayed in the results.

That's it! You are done! You will find LinuxCNC under the CNC menu.

3.2 Install Debian Bookworm on a X86/AMD64 machine

1. Download Balena Etcher from <https://etcher.balena.io/>
2. Download a Debian Bookworm ISO. There are two versions to consider.
 - a. The small netinst .ISO that requires a connection to the internet during the installation (recommended) <https://cdimage.debian.org/debian-cd/current/amd64/iso-cd/debian-12.1.0-amd64-netinst.iso>
 - b. The much larger full live install that includes everything in Debian (use if you do not have an internet connection). <https://cdimage.debian.org/debian-cd/current-live/amd64/iso-hybrid/debian-live-12.1.0-amd64-xfce.iso>
3. Burn the Debian Image to a USB drive using Balena Etcher.
4. Connect the PC to install LinuxCNC on to a wired internet connection (only use wifi if you must).
5. Boot the PC from the USB image. This may require changing the boot order to boot from a USB first.
6. Follow the prompts to install Debian Bookworm.
7. When asked to partition the drive, use all of the available space and install all files on one partition.
8. Do NOT add a password to the root account.



Warning

Do not enter a root password, if you do sudo is disabled and you won't be able to install software.

1. When asked to install a desktop environment during the netinst installation, choose XFCE and deselect other desktops.
2. When complete, install LinuxCNC following the steps above.

3.3 Install Debian Bookworm on a Raspberry Pi

Anmerkung

Raspberry Pis (and most other Single Board Computers, or SBUs) are ARM64 machines. These instructions will feature arm64 kernel and can't be used for AMD64 machines (which is what many PCs are, including all Intel based machines).

1. Download a Debian Bookworm image from <https://raspi.debian.net/daily-images/> and burn to an SD card and install in the [usual way](#).

Anmerkung

There have been reported black screen lockout with the "tested" images on some Pis. It may be that removing `dtoverlay=vc4-fkms-v3d-pi4` from `/boot/config.txt` resolves that problem. These instructions were tested using the 2023/05/15 daily build.

2. Ensure the Pi is connected to the internet. Boot the Pi. It will open a text based terminal.
3. Login using the root account (which does not have a password yet). Type:

```
root
```

and hit enter . Add a password to the root user account. Type:

```
passwd
```

and allocate a password you will never forget!

Add a new user and allocate a password. I used pi:

```
adduser pi
```

Add your user to the sudo group. Type:

```
usermod -aG sudo pi
```

To update your system, and install the real time kernel, type the following lines:

```
apt update
apt upgrade
apt install linux-image-rt-arm64 linux-headers-rt-arm64
```

To improve performance there are several settings in two places:

To change the startup command line settings, which will be built into `/boot/firmware/cmdline.txt` we modify an upstream file by typing:

```
nano /etc/default/raspi-extra-cmdline
```

and add this to the empty file:

```
processor.max_cstate=1 isolcpus=2,3
```

Save and exit nano .. To change configuration settings, which will be built into `/boot/firmware/config.txt` we modify its upstream file by typing:

```
nano /etc/default/raspi-firmware-custom
```

and add to this empty file the following lines:

```
#dtoverlay=vc4-fkms-v3d-pi4
disable_overscan=1
dtparam=audio=off
```

Save and exit nano NOTE: These commands (a) use video graphics resources for 3D acceleration (increases performance considerably), (b) don't overscan (fixes some black border issues), and (c) don't use audio (unknown performance enhancement)

**Warnung**

The first command is only tested on RasPi 4 models, and it specifically references pi4. We have commented it out as on one test it seems to cause the Pi to hang. Experiment at your own risk.

- a. Issue the configuration update command, which will take those changes and write them to the /boot/firmware/cmdline.txt and /boot/firmware/config.txt files:

```
update-initramfs -u -k all
```

1. Install the XFCE graphical environment by typing

```
apt install task-xfce-desktop
```

During the install you will need to select a keyboard layout/language, then tab to the "OK" and press Enter.

Don't panic if the screen display appears corrupt, just wait until completed.

Start the graphical environment

```
startx
```

**Warnung**

If static persists on your screen, the usual cause is an insufficient power supply or a faulty/low quality HDMI cable.

Anmerkung

This has put you into a desktop as root. It is not best practice to work as root. . Reboot. Your graphical environment should start normally. Log in with the non-root username and password you created earlier.

3.4 Probleme bei der Installation

Most problems booting the installation image are due to uefi hardware. Fortunately, Debian Bookworm has significantly better support for uefi systems than earlier versions of Linux.

Sometimes you can tell the BIOS to boot legacy (non-uefi) hardware.

In seltenen Fällen kann es vorkommen, dass Sie das BIOS auf die Standardeinstellungen zurücksetzen müssen, wenn während der Live-CD-Installation die Festplatte beim Booten nicht erkannt wird.

3.5 Bookworm Tweaks

3.5.1 Basic Tweaks

To make life easy, there are some standard tweaks you can make to Bookworm which should work on both X86 and the pi.

From the menu settings/Power manager set the power settings to suit your needs. You can turn off screen saver and screen lock here Install geany and grub-customizer (x86/AMD64 only):

```
sudo apt install geany grub-customizer
```

Finally now geany is installed, enable auto login

```
sudo geany /etc/lightdm/lightdm.conf
```

scroll down to about line 126 and uncomment (remove #) both of the following lines and add YOUR login user name. Eg an example for user matt.

```
autologin-user=matt  
autologin-user-timeout=0
```

3.6 PREEMPT_RT Tweaks (x86/AMD64 only)

isolcpus can make a huge difference to latency on some systems, because it isolates specific CPU cores so they are purely used by real time threads (e.g. the LinuxCNC servo thread). The instructions below assume a 4 core CPU, e.g. Celeron, i3, i5, etc. Those with 2 cores or more than 4 cores need different isolcpus settings. It is best to never isolate core 0 as it is used for system threads so it already includes a lot of running threads.

Isolate 2 cores for better RT performance on a 4 core machine.

```
sudo grub-customizer
```

On the General Settings in the kernel parameters field where it says

```
quiet
```

Change to

```
quiet isolcpus=2,3
```

Save the config, close grub-customiser and reboot for changes to take effect.

3.7 Review Latency

Use latency-histogram instead of latency-test to review latency particularly if you are using a mesa card or ethercat and don;t need a base thread:

```
latency-histogram --nobase --sbins 1000
```

How to evaluate latency is covered in the LinuxCNC documents Among other things, latency is affected by: BIOS settings; Isolcpus and other boot time settings; Kernel version used

Anmerkung

Optimal latency settings are still subject to review following recent changes to the Linux kernel.

3.8 Set fixed ip address - only for mesa card.

Usually we set up the mesa card to have the ip address 10.10.10.10. We need to set a fixed ip address of 10.10.10.1 to the network interface that connects to it. Type:

```
ip a
```

to determine the network interface name used for your mesa card. This is usually something like eth0 or enp2s0. Type

```
sudo geany /etc/network/interfaces
```

to append the following at the end of the file:

```
auto enp2s0
iface enp2s0 inet static
address 10.10.10.1
hardware-irq-coalesce-rx-usecs 0
```

The last line is only required for Intel network cards. It seems to be ignored on non-applicable hardware.

Save and close geany. Reboot to restart the network. Ping the mesa card to confirm it's all working:

```
ping 10.10.10.10
```

3.9 Updating LinuxCNC on Debian Bookworm (X86 only)

The version of LinuxCNC in Bookworm is a bit dated because of the freeze process associated with the Debian release process. Fortunately, there is a LinuxCNC buildbot which rebuilds version 2.9 packages whenever the code base changes. We can "trick" Debian to get the LinuxCNC repositories from this source. These instructions assume you have already installed LinuxCNC from the Debian Bookworm repositories.

Start by creating a new configuration file to set a higher priority to our LinuxCNC files than the default Debian repositories.

```
sudo nano /etc/apt/preferences.d/99linuxcnc-ospace
```

Then copy the following content into this file

```
package: linuxcnc-ospace
pin: release o=http://buildbot2.hightlab.com/debian/
Pin-Priority: 500

package: linuxcnc-ospace-dev
pin: release o=http://buildbot2.hightlab.com/debian/
Pin-Priority: 500

package: linuxcnc-ospace-doc-en
pin: release o=http://buildbot2.hightlab.com/debian/
Pin-Priority: 500

package: linuxcnc-ospace-doc-de
pin: release o=http://buildbot2.hightlab.com/debian/
Pin-Priority: 500

package: linuxcnc-ospace-doc-es
```



```
pin: release o=http://buildbot2.hightlab.com/debian/
Pin-Priority: 500
```

```
package: linuxcnc-ospace-doc-fr
pin: release o=http://buildbot2.hightlab.com/debian/
Pin-Priority: 500
```

```
package: linuxcnc-ospace-doc-zh-cn
pin: release o=http://buildbot2.hightlab.com/debian/
Pin-Priority: 500
```

Hit Control-O, Y, Control-X to save the file and exit nano.

Before starting, you may wish to run linuxcnc from the command line and note the version number displayed as it loads. Exit the LinuxCNC chooser and note the version number. Then type the following commands:

```
cd ~/Downloads
wget http://buildbot2.hightlab.com/buildbot-archive-key.gpg
sudo cp ./buildbot-archive-key.gpg /etc/apt/trusted.gpg.d
sudo echo "deb http://buildbot2.hightlab.com/debian/ bookworm 2.9-ospace" | sudo tee -a /etc ←
  /apt/sources.list.d/linuxcnc.list
sudo apt update
sudo apt upgrade
```

The second last line updates Linux to look at our buildbot.

The last line upgrades all Linux programs including our LinuxCNC files.

Repeat running LinuxCNC and note the version. It should have changed to the latest version (which can change daily).

Now any time you wish to update your version of LinuxCNC (and any other Debian programs installed on your PC, just type:

```
sudo apt update
sudo apt upgrade
```

3.10 Realtek network drivers

Some users have been reporting significant error finishing read issues with some Realtek NIC's.

There are two additional device drivers available in Debian for realtek cards;

r8125-dkms for 2.5 Gb network cards - RTL8125, RTL8125B(S)(G)

r8168-dkms for the following network cards RTL8111B/RTL8111C, RTL8111D/RTL8111E, RTL8111F/RTL8111H(S), RTL8118(A)(S), RTL8119i, RTL8111L, RTL8111K, RTL8168B, RTL8168E, RTL8168H, RTL8111DP, RTL8111EP, RTL8111FP, RTL8411/RTL8411B, RTL8101E, RTL8102E, RTL8103E, RTL8105E, RTL8106E, RTL8107E, RTL8401, RTL8402

Installing the r8168-dkms driver improved network latency by 400% on our R8111 network card. Similar results were reported on other affected hardware.

The r8168-dkms and r8125-dkms drivers are in the non-free packages which are not included in sources.list by default.

You can see your driver if you type the following to identify your NIC name:

```
ip a
```

Now display the NIC info eg:

```
sudo apt install ethtool
ethtool -i enps02
```

If it seems you could benefit from this driver, continue Type:

```
sudo geany /etc/apt/sources.list
```

Append a space followed by non-free to each of the 4 lines that end with firmware-non-free as follows:

```
deb http://deb.debian.org/debian/ bookworm main non-free-firmware non-free
deb-src http://deb.debian.org/debian/ bookworm main non-free-firmware non-free
deb http://security.debian.org/debian-security bookworm-security main non-free-firmware non-free ←
deb-src http://security.debian.org/debian-security bookworm-security main non-free-firmware non-free ←
```

Save and close geany. Type:

```
sudo apt update
```

you now need to install some utilities. Type:

```
sudo apt install build-essential dkms
```

If you have not installed a later kernel as described above install linux-headers. Type:

```
sudo apt install linux-headers-$(uname -r)
```

You can now install the r8168 or R8125 driver. Depending on your driver Type:

```
sudo apt install r8168-dkms
```

or type:

```
sudo apt install r8125-dkms
```

Reboot and check you still have a network driver with

```
ip a
```

Check you can still ping the mesa card

```
ping 10.10.10.10
```

If you have to remove this driver, it needs to be purged completely or you will have no network. Eg.

```
sudo apt purge r8168-dkms
```

3.11 Installing a later kernel

Since the release of Debian Bullseye (Linux kernel 5.10), real time performance has been disappointing. In particular, network latency when communicating with a Mesa ethernet card has been generating Error Finishing Read Errors. This means that the network latency left insufficient time for the servo thread cycle to complete in time.

This appears to have been more prevalent with Realtek Network interfaces. Fortunately, each iteration of the Linux kernel has improved results, particularly since the release of 6.x kernels. Debian

Bookworm (Debian 12) is using the 6.1 kernel which is quite good. In our testing, we found that latency improved by 265% if we used the 6.3 kernel. We have compiled this version of the kernel for your convenience. This image was updated to the final 6.3 kernel on 1 May 2023 and may be updated from time to time.

Only try installing it if you have exhausted all options by following the steps below:

1. Download the 2 deb files (image, source) from FIX_ME - can these be hosted on a LinuxCNC server? https://drive.google.com/drive/folders/1NzQIHnf9M_cHzuZCqSldVFGschOOxaER?usp=sharing
2. The link above is to the latest kernel versions that have been built following the final release of 6.3 kernel and the matching preempt_rt patches.
3. Navigate to your Downloads folder and open a new Terminal session. Install the debs as follows (pressing tab auto completes the command)

```
dpkg -i linux-source(tab)
dpkg -i linux-image(tab)
```

4. Reboot into the new kernel
5. Check that `uname -v` shows the 6.3 kernel is installed
6. If it isn't, use grub-customizer mentioned earlier to change the kernel boot order and reboot again

3.12 Alternative Installationsmethoden

The easiest, preferred way to install LinuxCNC is to use the Live/Install Image or Debian Bookworm as described above. Both methods are as simple and reliable as we can make it, and are suitable for novice users and experienced users alike. Both methods will typically replace any existing operating system on your hard drive.

Experienced users who are familiar with Debian system administration (finding install images, manipulating apt sources, changing kernel flavors, etc.) should note that new installations are supported on the platforms listed in the table below. "amd64" refers to any 64-bit x86 system, i.e. the installation is not specific to AMD processors.

Please be aware that in Debian Bookworm, the preempt_rt kernel is a dependency of linuxcnc-ospace. Therefore, it is automatically installed with LinuxCNC, and the stock kernel is not listed.

If you wish to use RTAI or Xenomai, please follow the instructions in the LinuxCNC V2.8 documentation.

Distribution	Architektur	Kernel	Paket-Name	Typische Verwendung
Debian Bookworm	amd64 & arm64	preempt-rt	linuxcnc-ospace	Maschinensteuerung und -simulation
Debian Buster	amd64 & arm64	preempt-rt	linuxcnc-ospace	Maschinensteuerung und -simulation
Debian Buster	amd64	RTAI	linuxcnc	Maschinensteuerung (bekannte Probleme)
Debian Jessie	amd64 & i386	LinuxCNC direkt nach der Installation	linuxcnc-ospace	nur Simulation
Debian Wheezy	i386	RTAI	linuxcnc	Maschinensteuerung und -simulation

Distribution	Architektur	Kernel	Paket-Name	Typische Verwendung
Debian Wheezy	amd64 & i386	Preempt-RT	linuxcnc-ospace	Maschinensteuerung und -simulation
Debian Wheezy	amd64 & i386	LinuxCNC direkt nach der Installation	linuxcnc-ospace	nur Simulation

Anmerkung

LinuxCNC v2.8 and above is not supported on Ubuntu Lucid or older.

Kapitel 4

Ausführen von LinuxCNC

4.1 Aufrufen von LinuxCNC

Nach der Installation startet LinuxCNC wie jedes andere Linux-Programm: Führen Sie es aus dem [terminal](#) aus, indem Sie den Befehl `linuxcnc` eingeben, oder wählen Sie es im Menü *Anwendungen -> CNC* aus.

4.2 Konfigurationsstarter

Beim Starten von LinuxCNC (aus dem CNC-Menü oder von der Kommandozeile ohne Angabe einer INI-Datei) startet der Dialog Konfigurations-Auswahl.

Im Dialogfeld "Konfigurationsauswahl" kann der Benutzer eine seiner vorhandenen Konfigurationen (Meine Konfigurationen) oder eine neue Konfiguration (aus den Beispielkonfigurationen) auswählen, die in sein Home-Verzeichnis kopiert werden soll. Die kopierten Konfigurationen werden beim nächsten Aufruf der Konfigurationsauswahl unter Meine Konfigurationen angezeigt.

Der Konfigurations Selector bietet eine Auswahl an Konfigurationen:

- *Meine Konfigurationen* - Benutzerkonfigurationen in `linuxcnc/configs` in Ihrem Home-Verzeichnis.
- *Beispielkonfigurationen* - Beispielkonfigurationen werden, wenn ausgewählt, nach `linuxcnc/configs` kopiert. Sobald eine Beispielkonfiguration in Ihr lokales Verzeichnis kopiert wurde, bietet der Launcher sie als „Meine Konfigurationen“ an. Die Namen, unter denen diese lokalen Konfigurationen angezeigt werden, entsprechen den Namen der Verzeichnisse innerhalb des Verzeichnisses `configs/`:
 - *sim* - Konfigurationen, die simulierte Hardware enthalten. Diese können zum Testen oder Lernen, wie LinuxCNC funktioniert, verwendet werden.
 - *by_interface* - Konfigurationen nach GUI geordnet.
 - *by_machine* - Konfigurationen organisiert nach Maschine.
 - *apps* - Anwendungen, die kein Starten von `linuxcnc` erfordern, aber zum Testen oder Ausprobieren von Anwendungen wie [PyVCP](#) oder [GladeVCP](#) nützlich sein können.
 - *attic* - Veraltete oder historische Konfigurationen.

Die Simulationskonfigurationen sind oft der nützlichste Ausgangspunkt für neue Benutzer und sind nach unterstützten GUIs organisiert:

- *axis* - Tastatur- und Maus-GUI

- *craftsman* - Touch Screen GUI (no longer maintained ???)
- *gmoccap* - Touchscreen-GUI
- *gscreen* - Touchscreen-GUI
- *pyvcp_demo* - Python Virtual Control Panel
- *qtaxis* - Touch Screen GUI, axis lookalike
- *qtdragon* - Touch Screen GUI
- *qtdragon_hd* - Touch Screen GUI, high definition
- *qtplasmac* - Touch Screen GUI, for plasma tables
- *qttouchy* - Touch Screen GUI
- *tklinuxcnc* - Keyboard and Mouse Gui (no longer maintained)
- *touchy* - Touchscreen-GUI
- *woodpecker* - Touch Screen GUI A GUI configuration directory may contain subdirectories with configurations that illustrate special situations or the embedding of other applications.

Die *by_interface*-Konfigurationen sind um gängige, unterstützte Schnittstellen herum organisiert:

- allgemeine Mechatronik
- mesa
- parport
- pico
- pluto
- servotogo
- vigilant
- vitalsystems

Um diese Konfigurationen als Ausgangspunkt für ein System zu verwenden, kann entsprechende Hardware erforderlich sein.

Die *by_machine*-Konfigurationen sind um vollständige, bekannte Systeme herum organisiert:

- boss
- cooltool
- scortbot erIII
- sherline
- smithy
- tormach

Für die Verwendung dieser Konfigurationen kann ein komplettes System erforderlich sein.

The *apps items* are typically either:

1. utilities that don't require starting linuxcnc
-

2. demonstrations of applications that can be used with linuxcnc

- info - erstellt eine Datei mit Systeminformationen, die für die Problemdiagnose nützlich sein können.
- gladevcp - Beispiele für GladeVCP-Anwendungen.
- halrun - Startet halrun in einem [Terminal](#).
- latency - Anwendungen zur Untersuchung der Latenz
 - latency-histogram-1 - histogram for single servo thread
 - latency-histogram - Histogram
 - latency-test - Standard-Test zur Bestimmung der Latenz
 - latency-plot - Streifendiagramm
- parport - Anwendungen zum Testen von parport.
- pyvcp - Beispiele für pyvcp-Anwendungen.
- xhc-hb04 - Anwendungen zum Testen eines drahtlosen USB-MPG xhc-hb04

Anmerkung

Im Verzeichnis Apps werden nur Anwendungen zum Kopieren in das Benutzerverzeichnis angeboten, die vom Benutzer sinnvollerweise geändert werden.

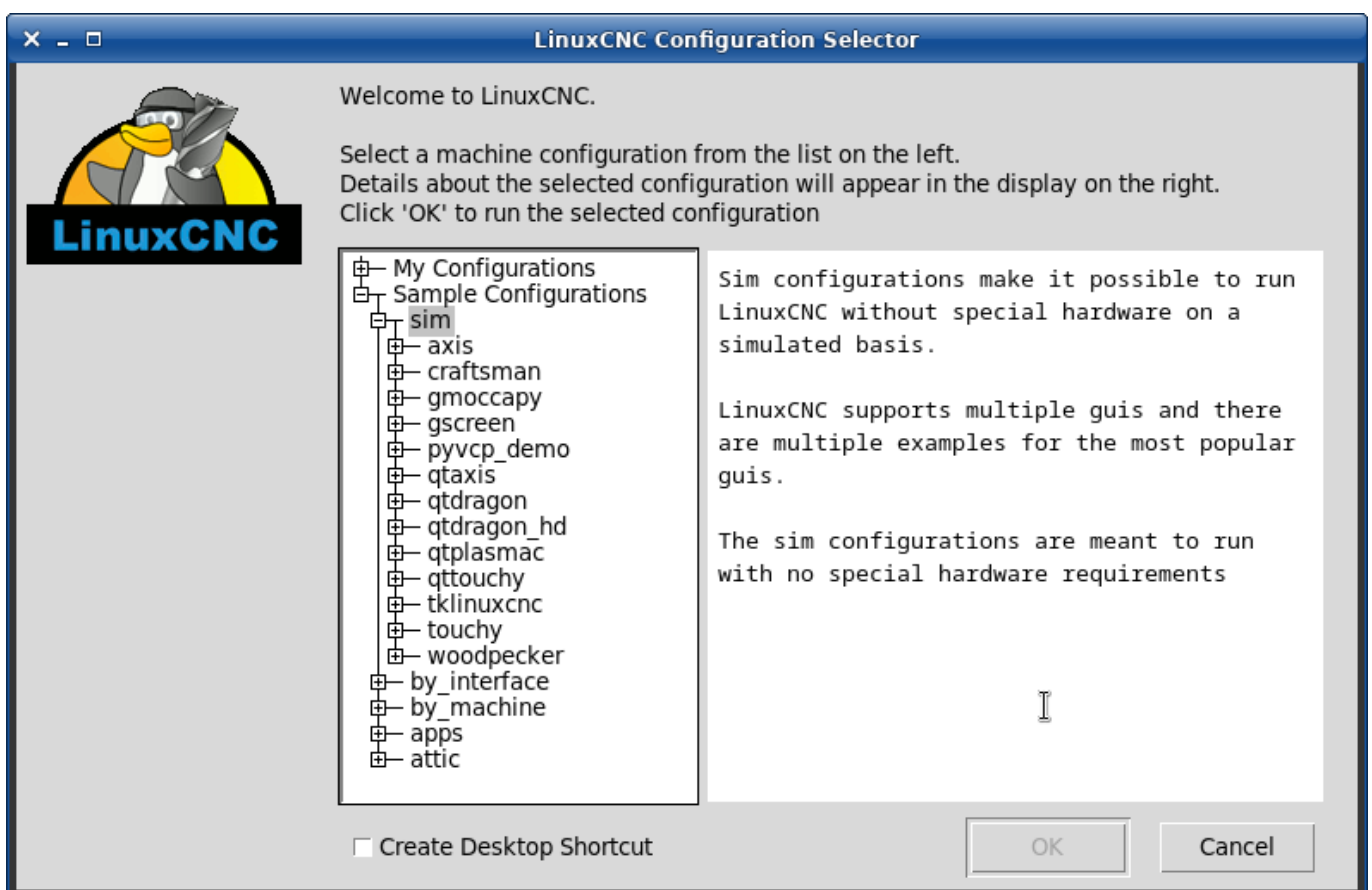


Abbildung 4.1: LinuxCNC-Konfigurationsauswahl

Klicken Sie auf eine der aufgelisteten Konfigurationen, um spezifische Informationen zu ihr anzuzeigen. Doppelklicken Sie auf eine Konfiguration oder klicken Sie auf OK, um die Konfiguration zu starten.

Wählen Sie "Desktop-Verknüpfung erstellen" und klicken Sie dann auf "OK", um ein Symbol auf dem Ubuntu-Desktop hinzuzufügen, mit dem diese Konfiguration direkt gestartet wird, ohne dass der Bildschirm "Konfigurationsauswahl" angezeigt wird.

Wenn Sie eine Konfiguration aus dem Abschnitt Beispielkonfigurationen auswählen, wird automatisch eine Kopie dieser Konfiguration im Verzeichnis `~/linuxcnc/configs` abgelegt.

4.3 Nächste Schritte für die Konfiguration

Nachdem Sie die Beispielkonfiguration gefunden haben, die dieselbe Schnittstellenhardware wie Ihr Rechner verwendet (oder eine Simulatorkonfiguration), und eine Kopie in Ihrem Home-Verzeichnis gespeichert haben, können Sie sie an die Details Ihres Rechners anpassen. Weitere Informationen zur Konfiguration finden Sie im Integrator-Handbuch.

4.4 Simulator-Konfigurationen

Alle unter Beispielkonfigurationen/Sim aufgeführten Konfigurationen können auf jedem Computer ausgeführt werden. Es ist keine spezielle Hardware erforderlich und Echtzeitunterstützung ist nicht notwendig.

Diese Konfigurationen sind nützlich, um einzelne Fähigkeiten oder Optionen zu untersuchen. Die Sim-Konfigurationen sind nach der in der Demonstration verwendeten grafischen Benutzeroberfläche geordnet. Das Verzeichnis für die Achse enthält die meisten Auswahlmöglichkeiten und Unterverzeichnisse, da es sich um die am häufigsten getestete grafische Benutzeroberfläche handelt. Die Fähigkeiten, die mit einer bestimmten grafischen Benutzeroberfläche demonstriert werden, sind möglicherweise auch in anderen grafischen Benutzeroberflächen verfügbar.

4.5 Konfigurationsressourcen

Die Konfigurationsauswahl kopiert alle für eine Konfiguration benötigten Dateien in ein neues Unterverzeichnis von `~/linuxcnc/configs` (äquivalent: `/home/username/linuxcnc/configs`). Jedes erstellte Verzeichnis enthält mindestens eine INI-Datei (`inifilename.ini`), die zur Beschreibung einer bestimmten Konfiguration verwendet wird.

Zu den Dateiressourcen innerhalb des kopierten Verzeichnisses gehören in der Regel eine oder mehrere INI-Dateien (`Dateiname.ini`) für zugehörige Konfigurationen und eine Werkzeugtabellendatei (`Toolfilename.tbl`). Darüber hinaus können die Ressourcen HAL-Dateien (`Dateiname.hal`, `Dateiname.tcl`), eine README-Datei zur Beschreibung des Verzeichnisses und konfigurationsbezogene Informationen in einer nach einer bestimmten Konfiguration benannten Textdatei (`inifilename.txt`) enthalten. Die beiden letztgenannten Dateien werden angezeigt, wenn Sie die Konfigurationsauswahl verwenden.

Die mitgelieferten Beispielkonfigurationen können den Parameter `HALFILE` (`Dateiname.hal`) in der Konfigurations-INI-Datei angeben, die im kopierten Verzeichnis nicht vorhanden sind, da sie sich in der HAL-Dateibibliothek des Systems befinden. Diese Dateien können in das Benutzerkonfigurationsverzeichnis kopiert und nach Bedarf vom Benutzer für Modifikationen oder Tests geändert werden. Da das Benutzerkonfigurationsverzeichnis bei der Suche nach HAL-Dateien zuerst durchsucht wird, haben lokale Änderungen dann Vorrang.

Der Konfigurationsselektor erstellt einen symbolischen Link im Benutzerkonfigurationsverzeichnis (namens `hallib`), der auf die System-HAL-Datei-Bibliothek verweist. Diese Verknüpfung vereinfacht

das Kopieren einer Bibliotheksdatei. Zum Beispiel, um die Bibliotheksdatei `core_sim.hal` zu kopieren, um lokale Änderungen vorzunehmen:

```
cd ~/linuxcnc/configs/name_of_configuration  
cp hallib/core_sim.hal core_sim.hal
```

Kapitel 5

Aktualisieren von LinuxCNC

Updating LinuxCNC to a new minor release (ie to a new version in the same stable series, for example from 2.9.1 to 2.9.2) is an automatic process if your PC is connected to the internet. You will see an update prompt after a minor release along with other software updates. If you don't have an internet connection to your PC see [Updating without Network](#).

5.1 Upgrade auf die neue Version

This section describes how to upgrade LinuxCNC from version 2.8 to the new 2.9.1 version. It assumes that you have an existing 2.8 install that you want to update.

To upgrade LinuxCNC from a version older than 2.8, you have to first [upgrade your old install to 2.8](#), then follow these instructions to upgrade to the new version.

Wenn Sie keine alte Version von LinuxCNC zu aktualisieren haben, dann sind Sie am besten aus machen eine frische Installation der neuen Version, wie im Abschnitt [LinuxCNC erhalten](#) beschrieben.

Darüber hinaus ist es unter Ubuntu Precise oder Debian Wheezy eine Überlegung wert, ein Backup des "linuxcnc"-Verzeichnisses auf einem Wechselmedium vorzunehmen und eine [Neuinstallaion des neuesn Betriebssystems und der LinuxCNC version](#) durchzuführen, da diese Versionen des OS 2017 bzw. 2018 ausliefen. Wenn Sie Ubuntu Lucid nutzen, dann werden Sie dies tun müssen, da Lucid nicht mehr von LinuxCNC unterstützt wird (es war EOL im Jahr 2013).

To upgrade major versions like 2.8 to 2.9 when you have a network connection at the machine you need to disable the old linuxcnc.org apt sources in the file /etc/apt/sources.list and add a new linuxcnc.org apt source for 2.9, then upgrade LinuxCNC.

Die Details hängen von der Plattform ab, auf der Sie arbeiten. Öffnen Sie ein [terminal](#) und geben Sie `lsb_release -ic` ein, um diese Informationen herauszufinden:

```
lsb_release -ic
Distributor ID: Debian
Codename:      Buster
```

You should be running on Debian Buster, Bullseye or Bookworm or Ubuntu 20.04 "Focal Fossa" or newer. LinuxCNC will not run on older distributions than these.

Sie müssen auch prüfen, welcher Echtzeit-Kernel verwendet wird:

```
uname -r
6.1.0-10-rt-amd64
```

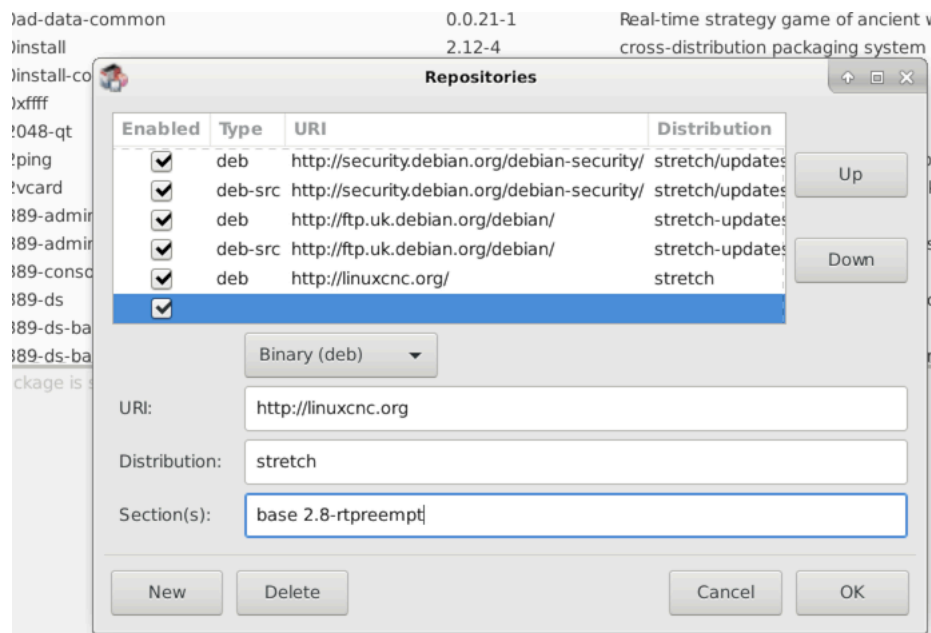
Wenn Sie (wie oben) -rt- im Kernel-Namen sehen, dann laufen Sie mit dem preempt-rt Kernel und sollten die "uspace" Version von LinuxCNC installieren. Sie sollten auch uspace für "sim"-Konfigurationen auf Nicht-Echtzeit-Kerneln installieren

If you see -rtai- in the kernel name then you are running RTAI realtime. See below for the LinuxCNC version to install. At this moment there are (tmporarily) no RTAI packages for LinuxCNC 2.9.0 but it is possible to build from source.

5.1.1 Apt Sources Konfiguration

- Öffnen Sie das Fenster Software-Quellen. Die Vorgehensweise ist auf den drei unterstützten Plattformen leicht unterschiedlich:
 - Debian:
 - * Klicken Sie auf Anwendungsmenü, dann System, dann *Synaptic Paketmanager*.
 - * Klicken Sie in Synaptic auf das Menü Einstellungen und dann auf Repositories, um das Fenster Softwarequellen zu öffnen.
 - Ubuntu Precise:
 - * Klicken Sie auf das Symbol "Dash Home" oben links.
 - * Geben Sie in das Feld "Suche" den Begriff "Software" ein und klicken Sie dann auf das Symbol "Ubuntu Software Center".
 - * Klicken Sie im Ubuntu Software Center-Fenster auf das Menü "Bearbeiten" und dann auf "Softwarequellen...", um das Fenster "Softwarequellen" zu öffnen.
 - Ubuntu Lucid:
 - * Klicken Sie auf das Menü "System", dann auf "Verwaltung" und dann auf "Synaptic Package Manager".
 - * Klicken Sie in Synaptic auf das Menü Einstellungen und dann auf Repositories, um das Fenster Softwarequellen zu öffnen.
- Wählen Sie im Fenster "Software-Quellen" die Registerkarte "Andere Software".
- Löschen oder deaktivieren Sie alle alten linuxcnc.org-Einträge (lassen Sie alle nicht-linuxcnc.org-Zeilen unverändert).
- Klicken Sie auf die Schaltfläche "Hinzufügen" und fügen Sie eine neue apt-Zeile hinzu. Die Zeile wird auf den verschiedenen Plattformen etwas anders aussehen:

Debian Buster - preempt	deb https://linuxcnc.org buster base 2.9-rtpreempt
Debian Bullseye - preempt	deb https://linuxcnc.org bullseye base 2.9-uspace
Debian Bookworm - preempt	deb https://linuxcnc.org bookworm base 2.9-uspace



- Klicken Sie im Fenster "Softwarequellen" auf "Quelle hinzufügen" und dann auf "Schließen". Wenn ein Fenster angezeigt wird, das Sie darüber informiert, dass die Informationen über die verfügbare Software veraltet sind, klicken Sie auf die Schaltfläche "Neu laden".

5.1.2 Upgrade auf die neue Version

Da Ihr Computer nun weiß, wo er die neue Version der Software erhält, müssen wir sie nun installieren. Der Prozess unterscheidet sich wiederum je nach Plattform.

5.1.2.1 Debian Buster, Bullseye and Bookworm

Debian uses the Synaptic Package Manager.

- Öffnen Sie Synaptic gemäß den Anweisungen in [Festlegen der apt sources](#) oben.
- Klicken Sie auf die Schaltfläche "Neu laden".
- Verwenden Sie die Suchfunktion, um nach linuxcnc zu suchen.
- Das Paket heißt „linuxcnc“ für RTAI-Kernel und „linuxcnc-ospace“ für preempt-rt.
- Klicken Sie auf das Kontrollkästchen, um die neuen Pakete linuxcnc und linuxcnc-doc-* für ein Upgrade zu markieren. Der Paketmanager kann eine Reihe zusätzlicher Pakete auswählen, die installiert werden sollen, um die Abhängigkeiten zu erfüllen, die das neue linuxcnc-Paket hat.
- Klicken Sie auf die Schaltfläche "Anwenden", und lassen Sie Ihren Computer das neue Paket installieren. Das alte linuxcnc-Paket wird automatisch auf das neue Paket aktualisiert.

5.1.3 Ubuntu

- Klicken Sie auf das Symbol "Dash Home" oben links.
- Geben Sie in das Feld "Suche" den Begriff "Update" ein und klicken Sie dann auf das Symbol "Update Manager".

- Klicken Sie auf die Schaltfläche "Prüfen", um die Liste der verfügbaren Pakete aufzurufen.
- Klicken Sie auf die Schaltfläche "Updates installieren", um die neuen Versionen aller Pakete zu installieren.

5.2 Aktualisieren ohne Netzwerk

To update without a network connection you need to download the .deb then install it with dpkg. The .debs can be found in <https://linuxcnc.org/dists/>.

Sie müssen im obigen Link nach unten gehen, um das richtige Debian Paket (.deb Datei) für Ihre Installation zu finden. Öffnen Sie ein [Terminal](#) und geben Sie "lsb_release -ic" ein, um den Versions-Bezeichner Ihres Betriebssystems zu finden.

```
> lsb_release -ic
Distributor ID: Debian
Codename:      buster
```

Pick the OS from the list then pick the major version you want like 2.9-rt for RTAI or 2.9-rtpreempt or 2.9-uspace for preempt-rt.

Wählen Sie als Nächstes den Computertyp aus, den Sie haben: binary-amd64 für jeden 64-Bit-x86, binary-i386 für 32-Bit, binary-armhf (32-Bit) oder binary-arm64 (64-Bit) für Raspberry Pi.

Wählen Sie dann die gewünschte Version am Ende der Liste aus, z.B. *linuxcnc-uspace_2.8.0_amd64.deb* (wählen Sie die neueste Version nach Datum). Laden Sie die deb-Datei herunter und kopieren Sie sie in Ihr Home-Verzeichnis. Sie können die Datei mit dem Dateimanager in etwas kürzeres umbenennen, wie z.B. *linuxcnc_2.8.0.deb*, dann öffnen Sie ein Terminal und installieren es mit dem Paketmanager mit diesem Befehl:

```
sudo dpkg -i linuxcnc_2.9.0.deb
```

5.3 Updating Configuration Files for 2.9

5.3.1 Stricter handling of pluggable interpreters

If you just run regular G-code and you don't know what a pluggable interpreter is, then this section does not affect you.

A seldom-used feature of LinuxCNC is support for pluggable interpreters, controlled by the undocumented [TASK]INTERPRETER INI setting.

Versions of LinuxCNC before 2.9.0 used to handle an incorrect [TASK]INTERPRETER setting by automatically falling back to using the default G-code interpreter.

As of 2.9.0, an incorrect [TASK]INTERPRETER value will cause LinuxCNC to refuse to start up. Fix this condition by deleting the [TASK]INTERPRETER setting from your INI file, so that LinuxCNC will use the default G-code interpreter.

5.3.2 Canterp

If you just run regular G-code and you don't use the canterp pluggable interpreter, then this section does not affect you.

In the extremely unlikely event that you are using canterp, know that the module has moved from /usr/lib/libcanterp.so to /usr/lib/linuxcnc/canterp.so, and the [TASK]INTERPRETER setting correspondingly needs to change from libcanterp.so to canterp.so.

5.4 Updating Configuration Files (for 2.9.x)

No changes should be necessary to configuration files when moving from 2.8 to 2.9

5.4.1 Spindle limits in the INI

It is now possible to add settings to the [SPINDLE] section of the INI file

MAX_FORWARD_VELOCITY = 20000 The maximum spindle speed (in rpm)

MIN_FORWARD_VELOCITY = 3000 The minimum spindle speed (in rpm)

MAX_REVERSE_VELOCITY = 20000 This setting will default to MAX_FORWARD_VELOCITY if omitted.

MIN_REVERSE_VELOCITY = 3000 This setting is equivalent to MIN_FORWARD_VELOCITY but for reverse spindle rotation. It will default to the MIN_FORWARD_VELOCITY if omitted.

INCREMENT = 200 Sets the step size for spindle speed increment / decrement commands. This can have a different value for each spindle. This setting is effective with AXIS and Touchy but note that some control screens may handle things differently.

HOME_SEARCH_VELOCITY = 100 - Accepted but currently does nothing

HOME_SEQUENCE = 0 - Accepted but currently does nothing

5.5 New HAL components

5.5.1 Non-Realtime

mdro mqtt-publisher pi500_vfd pmx485-test qtplasmac-cfg2prefs qtplasmac-materials qtplasmac-plasmac2 qtplasmac-setup sim-torch svd-ps_vfd

5.5.2 Echtzeit

anglejog div2 enum filter_kalman flipflop hal_parport homecomp limit_axis mesa_uart millturn scaled_s32_sums tof ton

5.6 New Drivers

A framework for controlling ModBus devices using the serial ports on many Mesa cards has been introduced. http://linuxcnc.org/docs/2.9/html/drivers/mesa_modbus.html

A new GPIO driver for any GPIO which is supported by the gpiod library is now included: http://linuxcnc.org/docs/2.9/html/drivers/hal_gpio.html

Kapitel 6

Glossar

Eine Auflistung von Begriffen und deren Bedeutung. Einige Begriffe haben eine allgemeine Bedeutung und mehrere zusätzliche Bedeutungen für Benutzer, Installateure und Entwickler.

Acme-Schraube

Eine Art von Gewindespindel, die ein Acme-Gewinde hat. Acme-Gewinde haben eine etwas geringere Reibung und einen geringeren Verschleiß als einfache Dreiecksgewinde, aber Kugelgewindetriebe sind noch günstiger. Die meisten manuellen Werkzeugmaschinen verwenden Trapezgewindespindeln.

Achse

Eines der computergesteuerten beweglichen Teile der Maschine. Bei einer typischen Vertikalfräse ist der Tisch die X-Achse, der Schlitten die Y-Achse und die Pinole oder das Knie die Z-Achse. Winkelachsen wie Drehtische werden als A, B und C bezeichnet. Zusätzliche lineare Achsen in Bezug auf das Werkzeug heißen U, V und W.

AXIS(GUI)

Eine der grafischen Benutzeroberflächen, die den Benutzern von LinuxCNC zur Verfügung stehen. Es verfügt über die moderne Verwendung von Menüs und Maustasten während der Ausführung und versteckt einige der mehr traditionellen LinuxCNC Kontrollen. Es ist die einzige Open-Source-Schnittstelle, die den gesamten Werkzeugpfad zeigt, sobald eine Datei geöffnet wird.

GMOCCAPY (GUI)

Eine grafische Benutzeroberfläche, die den Benutzern von LinuxCNC zur Verfügung steht. Es bietet die Verwendung und das Gefühl einer industriellen Steuerung und kann mit Touchscreen, Maus und Tastatur verwendet werden. Es unterstützt eingebettete Tabs und von HAL ausgelöste Benutzer-Nachrichten, bietet es eine Menge HAL beens mit Hardware gesteuert werden. GMOCCAPY ist in hohem Maße anpassbar.

Umkehrspiel

Das Spiel oder der Bewegungsverlust, der bei einer Richtungsumkehr in einer Leitspindel oder einem anderen mechanischen Antriebssystem auftritt. Es kann durch lockere Muttern an Leitspindeln, Schlupf in Riemen, Kabeldurchhang, "Aufwickeln" in Drehkupplungen und anderen Stellen entstehen, an denen das mechanische System nicht "dicht" ist. Spiel führt zu ungenauen Bewegungen, oder im Falle von Bewegungen, die durch äußere Kräfte verursacht werden (z. B. Schneidewerkzeug, das am Werkstück zieht), können Schneidewerkzeuge brechen. Dies kann passieren, weil die Spanbelastung des Fräasers plötzlich ansteigt, wenn das Werkstück durch das Schneidewerkzeug über die Spielstrecke gezogen wird.

Umkehrspiel-Kompensation

Jede Technik, mit der versucht wird, die Auswirkungen des Spiels zu verringern, ohne es tatsächlich aus dem mechanischen System zu entfernen. Dies geschieht in der Regel durch Software in

der Steuerung. Auf diese Weise kann die endgültige Ruhestellung des Teils während der Bewegung korrigiert werden, aber Probleme im Zusammenhang mit Richtungsänderungen während der Bewegung (z. B. Kreisinterpolation) und Bewegungen, die durch äußere Kräfte (z. B. Ziehen des Schneidwerkzeugs am Werkstück) verursacht werden, sind nicht gelöst.

Kugelumlaufspindel

Eine Art von Gewindespindel, bei der zur Verringerung der Reibung kleine gehärtete Stahlkugeln zwischen der Mutter und der Spindel eingesetzt werden. Kugelgewindetriebe haben eine sehr geringe Reibung und ein geringes Spiel, sind aber in der Regel recht teuer.

Kugelmutter

Eine spezielle Mutter, die für die Verwendung mit einer Kugelumlaufspindel bestimmt ist. Sie enthält einen internen Durchgang, um die Kugeln von einem Ende der Spindel zum anderen zurückzubefördern.

CNC

Numerische Computersteuerung (Kurzform für engl. Computational Numerical Control). Allgemeiner Begriff, der sich auf die Computersteuerung von Maschinen bezieht. Statt dass ein menschlicher Bediener Kurbeln dreht, um ein Schneidwerkzeug zu bewegen, verwendet CNC einen Computer und Motoren, um das Werkzeug auf der Grundlage einer Teil-Beschreibung zu bewegen.

Comp

Ein Werkzeug, das zum Erstellen, Kompilieren und Installieren von LinuxCNC HAL-Komponenten verwendet wird.

Konfiguration(n)

Ein Verzeichnis, das eine Reihe von Konfigurationsdateien enthält. Benutzerdefinierte Konfigurationen sind in der Regel in den Benutzer `home/linuxcnc/configs` Verzeichnis gespeichert. Diese Dateien enthalten LinuxCNC's traditionelle INI-Datei und HAL-Dateien. Eine Konfiguration kann auch mehrere allgemeine Dateien enthalten, die Werkzeuge, Parameter und NML-Verbindungen beschreiben.

Konfiguration(v)

Die Aufgabe, LinuxCNC so einzustellen, dass es mit der Hardware einer Werkzeugmaschine übereinstimmt.

Koordinatenmessmaschine

Mit einer Koordinatenmessmaschine lassen sich viele genaue Messungen an Teilen vornehmen. Diese Maschinen können verwendet werden, um CAD-Daten für Teile zu erstellen, für die keine Zeichnungen vorhanden sind, wenn ein handgefertigter Prototyp für den Formenbau digitalisiert werden muss, oder um die Genauigkeit von maschinell bearbeiteten oder gegossenen Teilen zu überprüfen.

Anzeigeeinheiten

Die linearen und winkligen Einheiten, die für die Anzeige auf dem Bildschirm verwendet werden.

DRO

Eine digitale Positionsanzeige (Abkürzung von engl. Digital Read Out) ist ein System von Positionsmessgeräten, die an den Schlitten einer Werkzeugmaschine angebracht und mit einer numerischen Anzeige verbunden sind, um die aktuelle Position des Werkzeugs im Verhältnis zu einer Referenzposition anzuzeigen. DROs sind bei handgeführten Werkzeugmaschinen sehr beliebt, da sie die tatsächliche Werkzeugposition spielfrei messen, selbst wenn die Maschine sehr lockere Acme-Schrauben hat. Einige DROs verwenden lineare Quadratur-Drehgeber, um Positionsinformationen von der Maschine zu erhalten, und einige verwenden Methoden, die einem Resolver ähneln, der immer wieder umläuft.

EDM

Die Funkenerosion ist ein Verfahren zum Abtragen von Metall in harten oder schwer zu bearbeitenden oder zähen Metallen oder in Fällen, in denen rotierende Werkzeuge nicht in der Lage

wären, die gewünschte Form auf kostengünstige Weise herzustellen. Ein hervorragendes Beispiel sind rechteckige Stanzformen, bei denen scharfe Innenecken gewünscht sind. Bei Fräsvorgängen können mit Werkzeugen mit begrenztem Durchmesser keine scharfen Innenecken erzeugt werden. Eine *Drahterodiermaschine* kann Innenecken mit einem Radius herstellen, der nur geringfügig größer als der Radius des Drahtes ist. Eine Senkerodiermaschine kann Innenecken mit einem Radius herstellen, der nur geringfügig größer ist als der Radius an der Ecke der Senkelektrode.

EMC

Der Enhanced Machine Controller (ein Eigenname, wörtlich übersetzt "verbesserte Maschinensteuerung"). Ursprünglich ein NIST-Projekt. Umbenannt in LinuxCNC im Jahr 2012.

EMCIO

Das Modul innerhalb von LinuxCNC, die allgemeine E/A (engl. I/O) handhabt, die nichts mit der eigentlichen Bewegung der Achsen zu tun hat.

EMCMOT

Das Modul innerhalb von LinuxCNC, das die eigentliche Bewegung des Schneidwerkzeugs steuert. Es läuft als Echtzeitprogramm und steuert direkt die Motoren.

Encoder

Ein Gerät zur Messung der Position. Normalerweise ein mechanisch-optisches Gerät, das ein Quadratursignal ausgibt. Das Signal kann durch spezielle Hardware gezählt werden, oder direkt durch den parallelen Port mit LinuxCNC.

Vorschub

Relativ langsame, kontrollierte Bewegung des Werkzeugs bei der Durchführung eines Schnitts.

Vorschubgeschwindigkeit

(engl. feed rate) Die Geschwindigkeit, mit der eine Schnittbewegung erfolgt. Im Auto- oder MDI Modus wird die Vorschubgeschwindigkeit mit einem F-Wort bestimmt. F10 würde zehn Maschineneinheiten pro Minute bedeuten.

Rückmeldung

(engl. feedback) Eine Methode (z.B. Quadratur-Encoder-Signale), durch die LinuxCNC Informationen über die Position von Motoren erhält.

Vorschubgeschwindigkeit-Anpassung (engl. override)

Eine manuelle, vom Bediener gesteuerte Änderung der Geschwindigkeit, mit der sich das Werkzeug beim Schneiden bewegt. Wird oft verwendet, um dem Bediener die Möglichkeit zu geben, stumpfe Werkzeuge oder andere Dinge, die eine Anpassung der Vorschubgeschwindigkeit erfordern, zu korrigieren.

Gleitkommazahl

Eine Zahl, die einen Dezimalpunkt hat, bsw. 12.3. In HAL wird sie (engl.) als Float bezeichnet.

G-Code

Ein generalisierter Begriff für die gebräuchlichste Programmiersprache zur Beschreibung von Werkstücken. Es gibt mehrere Dialekte von G-Code, LinuxCNC verwendet RS274/NGC.

GUI

Grafische Benutzeroberfläche (engl. Graphical User Interface).

Allgemeines

Eine Art von Schnittstelle zur Kommunikation zwischen einem Computer und einem Menschen (in den meisten Fällen) über die Manipulation von Symbolen und anderen Elementen (Widgets) auf einem Computerbildschirm.

LinuxCNC

Eine Anwendung, die dem Maschinenbediener einen grafischen Bildschirm präsentiert zur Bedienung der Maschine und des Steuerungsprogramms.

HAL

Hardware-Abstraktionsschicht. Auf der höchsten Ebene ist es einfach eine Möglichkeit, eine Reihe von Bausteinen zu laden und miteinander zu verbinden, um ein komplexes System zusammenzustellen. Viele der Bausteine sind Treiber für Hardwaregeräte. HAL kann jedoch mehr als nur Hardwaretreiber konfigurieren.

Pos1

Eine bestimmte Position im Arbeitsbereich der Maschine, die verwendet wird, um sicherzustellen, dass der Computer und die tatsächliche Maschine mit der Werkzeugposition übereinstimmen.

INI-Datei

Eine Textdatei mit dem überwiegenden Anteil an Informationen zur Anpassung (Konfiguration) von LinuxCNC an eine bestimmte Maschine.

Instanz

Man kann eine Instanz einer Klasse oder eines bestimmten Objekts haben. Die Instanz ist das eigentliche Objekt, das zur Laufzeit erzeugt wird. Im Programmierer-Jargon ist das Objekt "Lassie" eine Instanz der Klasse "Dog".

Gelenk-Koordinaten

Diese geben die Winkel zwischen den einzelnen Gelenken der Maschine an. Siehe auch Kinematik

Jog (manuelle Bewegung)

Manuelles Bewegen einer Achse einer Maschine. Beim Joggen wird die Achse entweder bei jedem Tastendruck um einen festen Betrag bewegt oder mit einer konstanten Geschwindigkeit, solange Sie die Taste gedrückt halten. Im manuellen Modus kann die Jog-Geschwindigkeit über die grafische Oberfläche eingestellt werden.

Kernel-Space

Code running inside the kernel, as opposed to code running in userspace. Some realtime systems (like RTAI) run realtime code in the kernel and non-realtime code in userspace, while other realtime systems (like Preempt-RT) run both realtime and non-realtime code in userspace.

Kinematik

Die Positionsbeziehung zwischen Weltkoordinaten und Gelenkkoordinaten einer Maschine. Es gibt zwei Arten von Kinematik. Die Vorwärtskinematik wird verwendet, um Weltkoordinaten aus Gelenkkoordinaten zu berechnen. Die inverse Kinematik wird für genau den gegenteiligen Zweck verwendet. Beachten Sie, dass die Kinematik die Kräfte, Momente usw. an der Maschine nicht berücksichtigt. Sie dient nur der Positionierung.

Leitspindel

Eine Spindel, die von einem Motor gedreht wird, um einen Tisch oder einen anderen Teil einer Maschine zu bewegen. Gewindespindeln sind in der Regel entweder Kugelgewindespindeln oder Trapezgewindespindeln, obwohl auch herkömmliche dreieckige Gewindespindeln verwendet werden können, wenn Genauigkeit und lange Lebensdauer weniger wichtig sind als niedrige Kosten.

Maschineneinheiten

The linear and angular units used for machine configuration. These units are specified and used in the INI file. HAL pins and parameters are also generally in machine units.

MDI

Manuelle Dateneingabe (engl. Abkürzung für Manual Data Input). Dies ist eine Betriebsart, bei der das Steuergerät einzelne Zeilen des G-Codes ausführt, wie sie vom Bediener eingegeben werden.

NIST

das US Institut "Nationales Institut für Normung und Technologie" (engl. Abkürzung für National Institute of Standards and Technology). Eine Einrichtung des Handelsministeriums der Vereinigten Staaten.

NML

Die Neutral Message Language bietet einen Mechanismus für die Handhabung mehrerer Nachrichtentypen im selben Puffer sowie eine Vereinfachung der Schnittstelle für die Kodierung und Dekodierung von Puffern im neutralen Format und des Konfigurationsmechanismus.

Versätze

Ein beliebiger Betrag, der zum Wert von etwas hinzugefügt wird, um ihn mit einem gewünschten Wert gleichzusetzen. Zum Beispiel werden G-Code-Programme oft um einen geeigneten Punkt herum geschrieben, wie X0, Y0. Vorrichtungsoffsets können verwendet werden, um den tatsächlichen Ausführungspunkt dieses G-Code-Programms so zu verschieben, dass er mit der tatsächlichen Position des Schraubstocks und der Backen übereinstimmt. Werkzeugkorrekturen können verwendet werden, um die unkorrigierte Länge eines Werkzeugs so zu verschieben, dass sie der tatsächlichen Länge des Werkzeugs entspricht.

Werkstück Programm

Eine Beschreibung eines Werkstücks in einer Sprache, welche die Steuerung verstehen kann. Für LinuxCNC ist die Sprache RS-274/NGC, allgemein als G-Code bekannt.

Programm-Einheiten

Die in einem Werkstück-Programm verwendeten Längen- und Winkleinheiten. Die linearen Programmeinheiten müssen nicht mit den linearen Maschineneinheiten übereinstimmen. Siehe G20 und G21 für weitere Informationen. Die Winkleinheiten des Programms werden immer in Grad gemessen.

Python

Allzweck-, sehr High-Level-Programmiersprache. Wird in LinuxCNC verwendet für die Axis GUI, das Stepconf Konfigurationswerkzeug, und mehrere G-Code-Programmierung Skripte.

Schnell

Schnelle, möglicherweise unpräzise Bewegung des Werkzeugs, die in der Regel für den Wechsel zwischen den Schnitten verwendet wird. Wenn das Werkzeug beim Eilgang auf das Werkstück oder die Vorrichtung trifft, ist das wahrscheinlich schlecht!

Schnellauf-Geschwindigkeit

Die Geschwindigkeit, mit der eine Eilgangbewegung erfolgt. Im Auto- oder MDI-Modus ist der Eilgang normalerweise die Höchstgeschwindigkeit der Maschine. Es ist oft wünschenswert, die Eilgeschwindigkeit zu begrenzen, wenn ein G-Code-Programm zum ersten Mal getestet wird.

Echtzeit

Software that is intended to meet very strict timing deadlines. On Linux, in order to meet these requirements it is necessary to install a realtime kernel such as RTAI or Preempt-RT, and build the LinuxCNC software to run in the special real-time environment. Realtime software can run in the kernel or in userspace, depending on the facilities offered by the system.

RTAI

Real Time Application Interface, siehe <https://www.rtai.org/> mit Echtzeit-Erweiterungen für Linux, die LinuxCNC verwenden kann, um Echtzeit-Leistung zu erreichen.

RTLINUX

Siehe <https://en.wikipedia.org/wiki/RTLinux>, eine ältere Echtzeit-Erweiterung für Linux, die von LinuxCNC verwendet wurde, um Echtzeitleistung zu erreichen. Veraltet, ersetzt durch RTAI.

RTAPI

Eine portable Schnittstelle zu Echtzeitbetriebssystemen einschließlich RTAI und POSIX pthreads mit Echtzeit-Erweiterungen.

RS-274/NGC

Der formale Name für die Sprache, die von LinuxCNC-Werkstück-Programmen verwendet wird.

Servomotor

Im Allgemeinen ein Motor, der über Fehlererkennung die Korrektur der Position eines Stellglieds vornimmt. Auch ein Motor, der speziell für eine verbesserte Leistung in solchen Anwendungen ausgelegt ist.

Servo Loop

Engl. für "Schleife", hier ein Regelkreis zur Steuerung der Position oder der Geschwindigkeit eines Motors, der mit einer Rückkopplungseinrichtung ausgestattet ist.

Ganze Zahl mit Vorzeichen

Eine ganze Zahl, die ein positives oder negatives Vorzeichen haben kann. In HAL wird sie als s32 bezeichnet. (Eine 32-Bit-Ganzzahl mit Vorzeichen hat einen nutzbaren Bereich von -2.147.483.647 bis +2.147.483.647.)

Spindel

Der Teil einer Werkzeugmaschine, der sich dreht, um den Schnitt auszuführen. Bei einer Fräs- oder Bohrmaschine hält die Spindel das Schneidwerkzeug. Bei einer Drehmaschine hält die Spindel das Werkstück.

Spindeldrehzahl-Anpassung

Eine manuelle, vom Bediener gesteuerte Änderung der Geschwindigkeit, mit der sich das Werkzeug während des Schneidens dreht. Oft verwendet, um dem Bediener zu ermöglichen, für Ratter verursacht durch die cutter's Zähne anzupassen. Spindeldrehzahl Override setzt voraus, dass die LinuxCNC-Software dafür konfiguriert wurde, die Spindeldrehzahl zu steuern.

Stepconf

Ein LinuxCNC Konfigurations-Assistent. Es ist in der Lage, viele Schritt-und-Richtung Bewegung Befehl basierte Maschinen zu behandeln. Er schreibt eine vollständige Konfiguration, nachdem der Benutzer ein paar Fragen über den Computer und die LinuxCNC-ausführenden Maschine beantwortet hat.

Schrittmotor

Eine Art von Motor, der sich in festen Schritten dreht. Durch Zählen der Schritte lässt sich feststellen, wie weit sich der Motor gedreht hat. Wenn die Last die Drehmomentkapazität des Motors übersteigt, überspringt er einen oder mehrere Schritte, was zu Positionsfehlern führt.

TASK (engl. für Aufgabe, auch Name des entsprechenden LinuxCNC Moduls)

Das Modul innerhalb von LinuxCNC, das die gesamte Ausführung koordiniert und das Teileprogramm interpretiert.

Tcl/Tk

Eine Skriptsprache und ein grafisches Widget-Toolkit, mit dem mehrere der LinuxCNC-GUIs und Auswahl-Assistenten geschrieben wurden.

Traverse Bewegung

Eine Bewegung in gerader Linie vom Startpunkt zum Endpunkt.

Einheiten

Siehe "Maschineneinheiten", "Anzeigeeinheiten", oder "Programmeinheiten".

Ganzzahl ohne Vorzeichen

Eine ganze Zahl, die kein Vorzeichen hat. In HAL wird sie als u32 bezeichnet. (Eine vorzeichenlose 32-Bit-Ganzzahl hat einen nutzbaren Bereich von Null bis 4.294.967.296.)

Weltkoordinaten

Dies ist der absolute Bezugsrahmen. Es gibt die Koordinaten in Bezug auf einen festen Bezugsrahmen an, der an einem Punkt (im Allgemeinen der Basis) der Werkzeugmaschine befestigt ist.

Kapitel 7

Juristischer Abschnitt

Die Übersetzungen dieser Datei im Quellbaum sind nicht rechtsverbindlich.

7.1 Copyright-Bedingungen

Copyright (c) 2000-2022 LinuxCNC.org

Es wird die Erlaubnis erteilt, dieses Dokument unter den Bedingungen der GNU Free Documentation License, Version 1.1 oder einer späteren Version, die von der Free Software Foundation veröffentlicht wurde, zu kopieren, zu verbreiten und/oder zu verändern; ohne unveränderliche Abschnitte, ohne Texte auf der Vorderseite und ohne Texte auf der Rückseite des Umschlags. Eine Kopie der Lizenz ist in dem Abschnitt "GNU Free Documentation License" enthalten.

7.2 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. Es ist jedermann gestattet, wortwörtliche Kopien dieses Lizenzdokuments zu kopieren und zu verbreiten, aber es ist nicht erlaubt, es zu verändern.

0. PREAMBEL

Der Zweck dieser Lizenz ist es, ein Handbuch, ein Lehrbuch oder ein anderes schriftliches Dokument "frei" im Sinne von Freiheit zu machen: jedem die effektive Freiheit zu sichern, es zu kopieren und weiterzugeben, mit oder ohne Modifikation, entweder kommerziell oder nicht-kommerziell. In zweiter Linie bewahrt diese Lizenz dem Autor und dem Herausgeber eine Möglichkeit, Anerkennung für ihre Arbeit zu erhalten, während sie nicht für die von anderen vorgenommenen Änderungen verantwortlich gemacht werden.

Diese Lizenz ist eine Art "Copyleft", was bedeutet, dass abgeleitete Werke des Dokuments selbst im gleichen Sinne frei sein müssen. Sie ergänzt die GNU General Public License, die eine Copyleft-Lizenz für freie Software ist.

Wir haben diese Lizenz entworfen, um sie für Handbücher für freie Software zu verwenden, weil freie Software freie Dokumentation braucht: ein freies Programm sollte mit Handbüchern geliefert werden, welche die gleichen Freiheiten bieten wie die Software. Aber diese Lizenz ist nicht auf Software-Handbücher beschränkt; sie kann für jedes textliche Werk verwendet werden, unabhängig vom Thema oder ob es als gedrucktes Buch veröffentlicht wird. Wir empfehlen diese Lizenz in erster Linie für Werke, deren Zweck die Anleitung oder das Nachschlagen ist.

1. ANWENDBARKEIT UND DEFINITIONEN

Diese Lizenz gilt für jedes Handbuch oder andere Werk, das einen Hinweis des Urheberrechtsinhabers enthält, der besagt, dass es unter den Bedingungen dieser Lizenz verbreitet werden darf. Das "Dokument", unten, bezieht sich auf ein solches Handbuch oder Werk. Jedes Mitglied der Öffentlichkeit ist ein Lizenznehmer und wird als "Sie" angesprochen.

Eine "modifizierte Version" des Dokuments ist jedes Werk, welches das Dokument oder einen Teil davon enthält, entweder wortwörtlich kopiert oder mit Änderungen und/oder in eine andere Sprache übersetzt.

Ein "sekundärer Abschnitt" ist ein benannter Anhang oder ein vorderer Abschnitt des Dokuments, der sich ausschließlich mit der Beziehung der Herausgeber oder Autoren des Dokuments zum Gesamtthema des Dokuments (oder zu verwandten Themen) befasst und nichts enthält, was direkt in dieses Gesamtthema fallen könnte. (Wenn das Dokument zum Beispiel teilweise ein Lehrbuch der Mathematik ist, darf ein sekundärer Abschnitt keine Mathematik erklären). Die Beziehung könnte eine Frage des historischen Zusammenhangs mit dem Thema oder mit verwandten Themen oder der rechtlichen, kommerziellen, philosophischen, ethischen oder politischen Position dazu sein.

Die unveränderlichen Abschnitte" sind bestimmte sekundäre Abschnitte, deren Titel in der Mitteilung, die besagt, dass das Dokument unter dieser Lizenz freigegeben ist, als die der unveränderlichen Abschnitte bezeichnet werden.

Die "Coverttexte" sind bestimmte kurze Textpassagen, die als Front-Cover-Texte oder Back-Cover-Texte in dem Hinweis aufgeführt sind, der besagt, dass das Dokument unter dieser Lizenz freigegeben ist.

Eine "transparente" Kopie des Dokuments ist eine maschinenlesbare Kopie, die in einem Format dargestellt wird, dessen Spezifikation der Allgemeinheit zur Verfügung steht, dessen Inhalt direkt und unkompliziert mit allgemeinen Texteditoren oder (für Bilder, die aus Pixeln bestehen) mit allgemeinen Malprogrammen oder (für Zeichnungen) mit einem weit verbreiteten Zeichnungseditor betrachtet und bearbeitet werden kann, und die für die Eingabe in Textformatierer oder für die automatische Übersetzung in eine Vielzahl von Formaten geeignet ist, die für die Eingabe in Textformatierer geeignet sind. Eine Kopie, die in einem ansonsten transparenten Dateiformat erstellt wurde, dessen Markup so gestaltet wurde, dass eine nachträgliche Änderung durch Leser vereitelt oder erschwert wird, ist nicht transparent. Eine Kopie, die nicht "Transparent" ist, wird als "Opak" bezeichnet.

Geeignete Formate für transparente Kopien sind z. B. ASCII ohne Markup, Texinfo-Eingabeformat, LaTeX-Eingabeformat, SGML oder XML mit einer öffentlich zugänglichen DTD und standardkonformes einfaches HTML, das für die Bearbeitung durch den Menschen ausgelegt ist. Zu den undurchsichtigen Formaten gehören PostScript, PDF, proprietäre Formate, die nur von proprietären Textverarbeitungsprogrammen gelesen und bearbeitet werden können, SGML oder XML, für die eine DTD und/oder die Verarbeitungswerkzeuge nicht allgemein verfügbar sind, und das maschinell erzeugte HTML, das von einigen Textverarbeitungsprogrammen nur zu Ausgabezwecken erzeugt wird.

Die "Titelseite" bedeutet bei einem gedruckten Buch die Titelseite selbst sowie die Folgeseiten, die benötigt werden, um das Material, das nach dieser Lizenz auf der Titelseite erscheinen soll, lesbar zu halten. Für Werke in Formaten, die kein Titelblatt als solches haben, bedeutet "Titelblatt" den Text in der Nähe des auffälligsten Erscheinens des Werktitels, der dem Beginn des Textes vorausgeht.

2. WORTWÖRTLICHES KOPIEREN

Sie dürfen das Dokument in jedem beliebigen Medium kopieren und verbreiten, sei es kommerziell oder nicht kommerziell, vorausgesetzt, dass diese Lizenz, die Urheberrechtsvermerke und der Lizenzvermerk, der besagt, dass diese Lizenz für das Dokument gilt, in allen Kopien wiedergegeben werden, und dass Sie keine weiteren Bedingungen zu denen dieser Lizenz hinzufügen. Sie dürfen keine technischen Maßnahmen anwenden, um das Lesen oder weitere Kopieren der von Ihnen erstellten oder verbreiteten Kopien zu behindern oder zu kontrollieren. Sie dürfen jedoch eine Vergütung im Austausch für Kopien annehmen. Wenn Sie eine ausreichend große Anzahl von Kopien verbreiten, müssen Sie auch die Bedingungen in Abschnitt 3 einhalten.

Sie können auch Kopien unter den oben genannten Bedingungen ausleihen und öffentlich ausstellen.

3. MASSENHAFTES KOPIEREN

Wenn Sie mehr als 100 gedruckte Exemplare des Dokuments veröffentlichen und der Lizenzhinweis des Dokuments Umschlagtexte verlangt, müssen Sie die Exemplare in Umschläge einlegen, die deutlich und lesbar alle diese Umschlagtexte enthalten: Vorderseitentexte auf dem vorderen Umschlag und Rückseitentexte auf dem hinteren Umschlag. Auf beiden Umschlägen müssen Sie außerdem deutlich und leserlich als Verleger dieser Exemplare ausgewiesen sein. Der vordere Umschlag muss den vollständigen Titel enthalten, wobei alle Wörter des Titels gleichmäßig hervorgehoben und sichtbar sein müssen. Sie können die Umschläge zusätzlich mit anderem Material versehen. Kopien mit Änderungen, die sich auf die Umschläge beschränken, können als wortgetreue Kopien behandelt werden, solange der Titel des Dokuments erhalten bleibt und diese Bedingungen erfüllt sind.

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:

- A. Verwenden Sie auf der Titelseite (und auf den Umschlägen, falls vorhanden) einen Titel, der sich von dem des Dokuments und von denen früherer Versionen unterscheidet (die, falls es welche gab, im Abschnitt "Historie" des Dokuments aufgeführt sein sollten). Sie können denselben Titel wie eine frühere Version verwenden, wenn der ursprüngliche Herausgeber dieser Version seine Zustimmung gibt.
- B. Führen Sie auf der Titelseite als Autoren eine oder mehrere Personen oder Organisationen auf, die für die Urheberschaft der Änderungen in der geänderten Version verantwortlich sind, zusammen mit mindestens fünf der Hauptautoren des Dokuments (alle seine Hauptautoren, wenn es weniger als fünf hat).
- C. Geben Sie auf der Titelseite den Namen des Herausgebers der geänderten Version als Herausgeber an.
- D. Behalten Sie alle Urheberrechtsvermerke des Dokuments bei.
- E. Fügen Sie einen angemessenen Urheberrechtsvermerk für Ihre Änderungen neben den anderen Urheberrechtsvermerken ein.
- F. Fügen Sie unmittelbar nach den Urheberrechtsvermerken einen Lizenzhinweis ein, welcher der Öffentlichkeit die Erlaubnis gibt, die modifizierte Version unter den Bedingungen dieser Lizenz zu benutzen, und zwar in der Form, die im Anhang unten gezeigt wird.
- G. Behalten Sie in diesem Lizenzhinweis die vollständigen Listen der unveränderlichen Abschnitte und der erforderlichen Umschlagtexte bei, die im Lizenzhinweis des Dokuments angegeben sind.
- H. Fügen Sie eine unveränderte Kopie dieser Lizenz bei.
- I. Behalten Sie den Abschnitt mit dem Titel "Geschichte" und seinen Titel bei und fügen Sie ihm einen Punkt hinzu, der mindestens den Titel, das Jahr, die neuen Autoren und den Herausgeber der modifizierten Version angibt, wie auf der Titelseite angegeben. Wenn es keinen Abschnitt mit dem Titel "Geschichte" in dem Dokument gibt, erstellen Sie einen, der den Titel, das Jahr, die Autoren und den Herausgeber des Dokuments angibt, wie auf der Titelseite angegeben, und fügen Sie dann einen Punkt hinzu, der die geänderte Version beschreibt, wie im vorherigen Satz angegeben.
- J. Bewahren Sie den im Dokument angegebenen Netzwerkstandort, falls vorhanden,

für den öffentlichen Zugang zu einer transparenten Kopie des Dokuments auf, und ebenso die im Dokument angegebenen Netzwerkstandorte für frühere Versionen, auf denen es basierte. Diese können im Abschnitt "Historie" abgelegt werden. Sie können eine Netzwerkadresse für ein Werk weglassen, das mindestens vier Jahre vor dem Dokument selbst veröffentlicht wurde, oder wenn der ursprüngliche Herausgeber der Version, auf die es sich bezieht, die Erlaubnis gibt. K. In jedem Abschnitt, der mit "Danksagungen" oder "Widmungen" betitelt ist, bewahren Sie den Titel des Abschnitts, und bewahren Sie in dem Abschnitt den gesamten Inhalt und Ton der Danksagungen und/oder Widmungen, die darin enthalten sind. L. Bewahren Sie alle unveränderlichen Abschnitte des Dokuments, unverändert in ihrem Text und in ihren Titeln. Abschnittsnummern oder das Äquivalent werden nicht als Teil der Abschnittstitel betrachtet. M. Streichen Sie jeden Abschnitt mit der Überschrift "Vermerke". Ein solcher Abschnitt darf nicht in die geänderte Fassung aufgenommen werden. N. Vorhandene Abschnitte dürfen nicht in "Vermerke" umbenannt werden oder im Titel mit einem unveränderlichen Abschnitt kollidieren.

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 <https://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.

Kapitel 8

Index

- Achse), [27](#)
- Acme-Schraube, [27](#)
- Aktualisieren von LinuxCNC, [22](#)
- Anzeigeeinheiten, [28](#)
- Ausführen von LinuxCNC, [17](#)

- CNC), [28](#)
- comp), [28](#)

- DRO, [28](#)

- EDM, [28](#)
- Eilgang), [31](#)
- Eilgang-Geschwindigkeit, [31](#)
- Einheiten), [32](#)
- EMC, [29](#)
- EMCIO, [29](#)
- EMCMOT, [29](#)
- Encoder, [29](#)

- G-Code, [29](#)
- Ganzzahl mit Vorzeichen, [32](#)
- Ganzzahl ohne Vorzeichen, [32](#)
- Gelenkkordinaten, [30](#)
- GUI, [27](#), [29](#)

- HAL, [30](#)
- Hilfe erhalten, [2](#)
- Home, [30](#)

- INI, [30](#)
- Installation:Alternative Methoden, [15](#)
- Installation:Bookworm Tweaks, [10](#)
- Installation:Probleme, [10](#)
- Instanz, [30](#)

- Joggen, [30](#)

- Kinematik, [30](#)
- Konfigurationsstarter, [17](#)
- Koordinatenmessmaschine, [28](#)
- Kugelmutter, [28](#)
- Kugelumlaufspindel, [28](#)

- Leitspindel, [30](#)

- LinuxCNC erhalten, [7](#)
- LinuxCNC:Alternative Installationsmethoden, [15](#)
- LinuxCNC:Bookworm Tweaks, [10](#)
- LinuxCNC:Installationsprobleme, [10](#)
- loop, [32](#)

- machine units, [30](#)
- MDI, [30](#)

- NIST), [30](#)
- NML, [31](#)

- Offsets, [31](#)

- Programmeinheiten, [31](#)

- real-time, [31](#)
- Referenzpunkt), [30](#)
- RS274NGC, [31](#)
- RTAI, [31](#)
- RTAPI, [31](#)
- RTLINUX, [31](#)
- Rückkopplung, [29](#)

- Schrittmotor, [32](#)
- Servomotor, [32](#)
- Spindel, [32](#)
- Systemvoraussetzungen, [4](#)

- TASK, [32](#)
- Tk, [32](#)
- Traverse Bewegung, [32](#)

- Umkehrspiel, [27](#)
- Umkehrspiel-Kompensation, [27](#)

- Versatz, [31](#)
- Vorschub, [29](#)
- Vorschub-Override, [29](#)
- Vorschubgeschwindigkeit, [29](#)

- Weltkoordinaten, [32](#)
- Werkstück Programm, [31](#)

- Über LinuxCNC, [1](#)