

Початок роботи
V2.10.0-pre0-5884-g340e3454e3

Contents

1 Про LinuxCNC	1
1.1 Architecture - Context diagram	2
1.2 Операційна система	3
1.3 Отримання допомоги	3
1.3.1 Веб-форум	3
1.3.2 IRC	4
1.3.3 Список розсилки	4
1.3.4 Веб-форум	4
1.3.5 Вікі LinuxCNC	4
1.3.6 Звіти про помилки	5
2 Системні вимоги	6
2.1 Мінімальні вимоги	6
2.2 Вимоги до ядра та версії	7
2.2.1 Preempt-RT з пакетом <i>linuxcnc-uspace</i>	7
2.2.2 RTAI з пакетом «linuxcnc»	7
2.2.3 Xenomaі з пакетом <i>linuxcnc-uspace</i>	7
2.2.4 RTAI з пакетом <i>linuxcnc-uspace</i>	7
2.3 Проблемне обладнання	8
2.3.1 Ноутбуки	8
2.3.2 Відеокарти	8
3 Отримання LinuxCNC	9
3.1 Завантажте зображення	9
3.1.1 Звичайне завантаження	9
3.1.2 Завантажити за допомогою <i>zsync</i>	10
3.1.3 Перевірте зображення	10
3.2 Записати образ на завантажувальний пристрій	11
3.2.1 Зображення Raspberry Pi	11
3.2.2 Образ AMD-64 (x86-64, ПК) з використанням інструментів графічного інтерфейсу	11

3.2.3	Командний рядок - Linux	11
3.2.4	Командний рядок - MacOS	11
3.3	Тестування LinuxCNC	12
3.4	Встановлення LinuxCNC	13
3.5	Оновлення для LinuxCNC	13
3.6	Проблеми з встановленням	13
3.7	Альтернативні методи встановлення	13
3.7.1	Встановлення на Debian Trixie (з ядром Preempt-RT)	14
3.7.2	Встановлення на Debian Trixie (з експериментальним ядром RTAI)	15
3.7.3	Встановлення на Raspbian 12	15
4	Запуск LinuxCNC	16
4.1	Виклик LinuxCNC	16
4.2	Запуск конфігурації	16
4.3	Наступні кроки в налаштуванні	19
4.4	Конфігурації симулятора	19
4.5	Ресурси конфігурації	19
5	Оновлення LinuxCNC	20
5.1	Оновіться до нової версії	20
5.1.1	Конфігурація Apt Sources	21
5.1.2	Оновлення до нової версії	22
5.1.2.1	Debian Bullseye, Bookworm та Trixie	23
5.1.3	Ubuntu	23
5.2	Оновлення без мережі	23
5.3	Оновлення файлів конфігурації для версії 2.9	24
5.3.1	Суворіша обробка підключаємих інтерпретаторів	24
5.3.2	Кантерп	24
5.3.3	Обмеження шпинделя в INI	24
5.4	Оновлення файлів конфігурації для версії 2.10.y	24
5.5	Нові компоненти HAL	25
5.5.1	Не в реальному часі	25
5.5.2	У режимі реального часу	25
5.6	Нові водії	25
6	Глосарій	26
7	Юридичний відділ	32
7.1	Умови авторського права	32
7.2	Ліцензія GNU Free Documentation	32

Команда LinuxCNC



Цей посібник знаходиться в процесі розробки. Якщо ви можете допомогти з написанням, редагуванням або графічною підготовкою, будь ласка, зв'яжіться з будь-яким членом команди авторів або приєднайтеся та надішліть електронного листа на адресу emc-users@lists.sourceforge.net.

Авторське право © 2000-2025 LinuxCNC.org

Дозволяється копіювати, розповсюджувати та/або модифікувати цей документ відповідно до умов Ліцензії на вільну документацію GNU, версія 1.1 або будь-яка пізніша версія, опублікована Фондацією вільного програмного забезпечення; без незмінних розділів, текстів на передній обкладинці та текстів на задній обкладинці. Копія ліцензії міститься в розділі під назвою «Ліцензія на вільну документацію GNU».

Якщо ви не знайдете ліцензію, ви можете замовити її копію за адресою:

Free Software Foundation, Inc.

51 b''Фb''b''pb''b''ab''b''nb''b''kb''b''lb''b''ib''b''nb''-b''cb''b''tb''b''pb''b''ib''b' ←
'tb''

b''Пb''b''яb''b''tb''b''иб''b''йb'' b''пb''b''об''b''вb''b''eb''b''pb''b''xb''
b''Бb''b''об''b''cb''b''tb''b''об''b''nb'', MA 02110-1301 USA.

(Англomовна версія є авторитетною)

LINUX® є зареєстрованою торговою маркою Лінуса Торвальдса в США та інших країнах. Зареєстрована торгова марка Linux® використовується відповідно до субліцензії від LMI, ексклюзивного ліцензіата Лінуса Торвальдса, власника торгової марки на світовому рівні.

Проект LinuxCNC не пов'язаний з Debian®. *Debian* є зареєстрованою торговою маркою, що належить Software in the Public Interest, Inc.

Проект LinuxCNC не пов'язаний з UBUNTU®. *UBUNTU* є зареєстрованою торговою маркою, що належить Canonical Limited.

Chapter 1

Про LinuxCNC

LinuxCNC (the Enhanced Machine Control) is a software system for computer control of machine tools such as milling machines and lathes, robots such as puma and scara and other computer controlled machines up to 9 axes. LinuxCNC is free software with open source code. Current versions of LinuxCNC are entirely licensed under the GNU General Public License and Lesser GNU General Public License (GPL and LGPL).

To lower the entry-hurdle, LinuxCNC provides: * легке виявлення та тестування без встановлення за допомогою Live Image, * легке встановлення з Live-образу, * прості у використанні графічні майстри конфігурації для швидкого створення конфігурації, специфічної для машини, * directly availability as regular packages of recent releases of Debian (since Bookworm) and Ubuntu (since Kinetic Kudu).

LinuxCNC provides a graphical user interface with many flavours to choose from to match your personal preferences and technical needs. Advanced users may directly exploit * інструменти для створення графічних інтерфейсів (Glade, Qt), * the interpreter for *G-code* (the RS-274 machine tool programming language), * робота низькорівневої машинної електроніки, такої як датчики та приводи двигунів, * простий у використанні шар «макетної плати» для швидкого створення унікальної конфігурації вашої машини, * програмний PLC, програмований за допомогою сходинок.

Under the hood, LinuxCNC provides * система планування руху в реальному часі з прогнозуванням, * support for non-Cartesian motion systems is provided via custom kinematics modules. Available architectures include hexapods (Stewart platforms and similar concepts) and systems with rotary joints to provide motion such as PUMA or SCARA robots. * support for a variety of hardware interfaces. The control can operate true servos (analog or PWM) with the feedback loop closed by the LinuxCNC software at the computer, or open loop with step-servos or stepper motors. * Функції управління рухом включають: компенсацію радіуса та довжини різачка, відхилення траєкторії, обмежене заданим допуском, нарізування різьби на токарному верстаті, синхронізований рух осей, адаптивну швидкість подачі, ручне управління подачею оператором та контроль постійної швидкості. * LinuxCNC runs on Linux using real-time extensions.

LinuxCNC expects G-code that if not entered manually is provided by another software, which supports CAM (Computer Automated Manufacturing) and determines what tool shall be used at what speed for what geometry. Many prominent CAD (Computer Automated Design) tools that determine the desired final shape of your work piece (or the assembly of multiple work pieces that area to be produced individually) offer a CAM module.

1.1 Architecture - Context diagram



Figure 1.1: Roles of operators, integrators, developers and hardware

The diagram presents the components and players of the LinuxCNC ecosystem and how they interact. It is not intended to help you understand the functionality of LinuxCNC. Please refer to the following chapters for this.

Operator

Once a machine is set up, its operator will only use one of the many graphical user interfaces that LinuxCNC and external groups are providing. The requirements for the operator are determined by how the integrator has set up the machine. The integrator has the option of setting up the machine so that the operator only presses one button to start the machining process, or leaves the GUI in its default state and the operator will fully control the CNC machine using the GUI

functionality and G,M,O-codes. The integrator may or may not create a physical or virtual panel for the operator with various buttons and various indicators.

Інтегратор

It is on an integrator (machine builder) to ensure that the LinuxCNC configuration matches the hardware setup both in the wiring and the protocols spoken on those wires. The integrator can choose whether to set up the machine using the Wizard or to configure it manually. If the Wizard is used, the integrator's knowledge of LinuxCNC is minimal. It is enough to understand the machine hardware. If the integrator wants to use the maximum potential of LinuxCNC, he must be able to create or edit configuration files manually. To do this, it is enough to have knowledge of HAL, INI configuration and ideally the creation of custom HAL components or embedded panels. This knowledge will allow the connection of various hardware combinations with LCNC. Using INI, the integrator selects the GUI (Gmoccapy, Axis, Qt, ...), kinematics, number of axes, parameters (velocities, acceleration, distance, ...). Using HAL, the integrator selects the hardware control method (velocity mode / position mode, on-off control / analog control, without / with feedback, ...). Using a suitable HAL module, various components can be controlled via various buses (PCI, USB, Ethernet, EtherCAT, Modbus RTU/TCP, Parallel port, ...)

Developer

The LinuxCNC developers may be coming up with drivers for new hardware or other new features in the GUI and anything in between a mouse click and a motor turning. For testing, monitoring or possibly also the communication between multiple machines, also a text-based interface to LinuxCNC is available. Since LinuxCNC is an Open-source project, you can modify it in any way you like, provided you meet the very benevolent license conditions. You can create these modifications for the official LinuxCNC community, or for your own needs. Both paths have their advantages and disadvantages. If you offer your modification or improvement to the official developers, if they are interested, they can help you improve it even more and you will receive feedback. If you keep your modification to yourself, you do not have to worry about whether it will interest the official developers, but it may be a problem in the future if someone unfamiliar with these modifications were to maintain the machine you built (modifications, updates, fixes, ...). Of course, the developers modify all the code that is part of LinuxCNC, but the diagram only shows the links for which the developer's skills are necessary (C, C++, Python, Bash, GTK, Glade, QT, Linux OS, GitHub, PC hardware, ...)

Wizard

Wizards are standalone programs that LinuxCNC and external groups are providing. They can work without other LinuxCNC components. The main output of Wizards are configuration files (*.ini, *.hal and others). Therefore, it is possible to do your first machine setup using the Wizard and only later, after a deeper study of the LCNC configuration, can you edit the files generated by the Wizard.

1.2 Операційна система

LinuxCNC доступний у вигляді готових до використання пакетів для дистрибутивів Debian.

1.3 Отримання допомоги

1.3.1 Веб-форум

Веб-форум можна знайти за адресою <https://forum.linuxcnc.org> або за посиланням у верхній частині головної сторінки linuxcnc.org.

Це досить активно, але демографічна група більше орієнтована на користувачів, ніж список розсилки. Якщо ви хочете бути впевнені, що розробники побачать ваше повідомлення, тоді слід віддати перевагу списку розсилки.

1.3.2 IRC

IRC розшифровується як Internet Relay Chat (Інтернет-релейний чат). Це живе з'єднання з іншими користувачами LinuxCNC. IRC-канал LinuxCNC на libera.chat — #linuxcnc.

Найпростіший спосіб потрапити на IRC - це скористатися вбудованим веб-клієнтом [від libera](#).

Трохи етикету IRC

- Задавайте конкретні запитання... Уникайте запитань на кшталт «Хтось може мені допомогти?».
- Якщо ви справді новачок у всьому цьому, трохи подумайте над своїм запитанням, перш ніж писати його. Переконайтеся, що ви надаєте достатньо інформації, щоб хтось міг відповісти на ваше запитання або вирішити вашу проблему.
- Будьте терплячими, чекаючи на відповідь. Іноді формулювання відповіді займає деякий час, або ж усі можуть бути зайняті роботою чи чимось подібним.
- Налаштуйте свій обліковий запис IRC, використовуючи своє унікальне ім'я, щоб люди знали, хто ви. Якщо ви використовуєте клієнт Java, використовуйте те саме ім'я щоразу, коли входите в систему. Це допомагає людям запам'ятати, хто ви. Якщо ви вже були на ньому раніше, багато хто пам'ятатиме попередні розмови з вами, що заощадить час обом сторонам.

Спільний доступ до файлів

Найпоширеніший спосіб обміну файлами на IRC - це завантажити файл на один із наведених нижче або подібний сервіс і вставити посилання:

- Для тексту: <https://pastebin.com/>, <https://gist.github.com/>, <https://0bin.net/>, <https://paste.debian.net/>
- Для зображень: <https://imagebin.org/>, <https://imgur.com/>, <https://bayimg.com/>
- Для файлів: <https://filedropper.com/>, <https://filefactory.com/>, <https://1fichier.com/>

1.3.3 Список розсилки

Інтернет-розсилка — це спосіб поставити питання, щоб усі учасники розсилки могли їх побачити та відповісти на них у зручний для них час. У розсилці ваші питання отримають більшу увагу, ніж в IRC, але відповіді надходять довше. Коротко кажучи, ви надсилаєте повідомлення на адресу розсилки і отримуєте щоденні дайджести або індивідуальні відповіді, залежно від того, як ви налаштували свій обліковий запис.

Ви можете підписатися на список розсилки emc-users за адресою: <https://lists.sourceforge.net/lists/listinfo/emc-users>.

1.3.4 Веб-форум

Веб-форум можна знайти за адресою <https://forum.linuxcnc.org/> або за посиланням у верхній частині головної сторінки <https://linuxcnc.org/>.

Це досить активно, але демографічна група більше орієнтована на користувачів, ніж список розсилки. Якщо ви хочете бути впевнені, що розробники побачать ваше повідомлення, тоді слід віддати перевагу списку розсилки.

1.3.5 Вікі LinuxCNC

Вікі-сайт — це веб-сайт, що підтримується користувачем, який будь-хто може доповнювати або редагувати.

Користувацький сайт LinuxCNC Wiki містить безліч інформації та порад за адресою: посилання: <http://wiki.linuxcnc.org>

1.3.6 Звіти про помилки

Повідомляйте про помилки LinuxCNC за посиланням Github: [система відстеження помилок github](#).

Chapter 2

Системні вимоги

2.1 Мінімальні вимоги

Мінімальна система для запуску LinuxCNC та Debian / Ubuntu може відрізнятися залежно від конкретного використання. Степперні системи, як правило, вимагають більш швидких потоків для генерації імпульсів кроку, ніж сервосистеми. Ви можете використовувати Live CD для тестування програмного забезпечення перед остаточним встановленням на комп'ютер. Майте на увазі, що для генерації кроків програмним забезпеченням більш важливими є показники тесту затримки, ніж швидкість процесора. Більше інформації про тест затримки можна знайти [here](#). Крім того, LinuxCNC потрібно запускати на операційній системі, яка використовує спеціально модифікований ядро, див. [Вимоги до ядра та версії](#).

Додаткову інформацію можна знайти на сайті вікі LinuxCNC: [Вимоги до обладнання](#)

LinuxCNC і Debian Linux повинні працювати досить добре на комп'ютері з наступними мінімальними технічними характеристиками. Ці цифри не є абсолютним мінімумом, але забезпечать достатню продуктивність для більшості крокових систем.

- 1,2 ГГц 64-бітний процесор x86 або Raspberry Pi 4 або краще.
- 512 МБ оперативної пам'яті, 4 ГБ з графічним інтерфейсом, щоб уникнути несподіванок
- Немає жорсткого диска для Live CD, 8 ГБ або більше для постійної інсталяції
- Відеокарта з роздільною здатністю щонайменше 1024x768, яка не використовує пропріетарні драйвери NVidia або ATI fglrx. Сучасні вбудовані графічні чіпсети загалом підходять.
- Підключення до Інтернету (не є обов'язковим, але дуже корисним для оновлень та спілкування зі спільнотою LinuxCNC)

Мінімальні вимоги до обладнання змінюються разом із розвитком дистрибутивів Linux, тому перевірте веб-сайт [Debian](#), щоб дізнатися більше про Live CD, який ви використовуєте. Для старішого обладнання може бути корисним вибрати старішу версію Live CD, якщо вона доступна.

Якщо ви не плануєте покладатися на розповсюдження готових до виконання програм («бінарних файлів») та/або маєте намір долучитися до розробки вихідного коду LinuxCNC, то, ймовірно, вам знадобиться другий комп'ютер для виконання компіляції. Незважаючи на те, що LinuxCNC і ваші розробки можуть виконуватися одночасно з точки зору дискового простору, оперативної пам'яті і навіть швидкості процесора, завантажена машина буде мати гірші затримки, тому ви навряд чи зможете одночасно компілювати дерево джерел і виробляти мікросхеми.

2.2 Вимоги до ядра та версії

LinuxCNC вимагає ядра, модифікованого для використання в реальному часі, для керування апаратним забезпеченням реальної машини. Однак, він може працювати на стандартному ядрі в режимі симуляції для таких цілей, як перевірка G-коду, тестування конфігураційних файлів та навчання системи. Для роботи з цими версіями ядра існують дві версії LinuxCNC, що розповсюджують. Назви пакетів — «linuxcnc» та «linuxcnc-uspace».

Варіанти ядра реального часу: preempt-rt, RTAI та Xenomai.

Ви можете дізнатися версію ядра вашої системи за допомогою команди:

```
uname -a
```

Якщо ви бачите (як вище) `-rt-` в імені ядра, то ви використовуєте ядро `preempt-rt` і повинні встановити версію LinuxCNC «`uspace`». Ви також повинні встановити `uspace` для конфігурацій «`sim`» на ядрах, що не працюють в режимі реального часу.

Якщо в назві ядра ви бачите `-rtai-`, то ви використовуєте RTAI в реальному часі. Дивіться нижче версію для LinuxCNC, яку потрібно встановити.

2.2.1 Preempt-RT з пакетом *linuxcnc-uspace*

Preempt-RT — це найновіша з систем реального часу, а також версія, яка найближча до основного ядра. Ядра Preempt-RT доступні у вигляді попередньо скомпільованих пакетів з основних репозиторіїв. Їх можна знайти за пошуковим запитом «`PREEMPT_RT`», а завантажити та встановити — як і будь-який інший пакет. Preempt-RT зазвичай має найкращу підтримку драйверів і є єдиним варіантом для систем, що використовують драйверні карти Mesa з підключенням до мережі Ethernet. Загалом `preempt-rt` має найгіршу затримку серед доступних систем, але є винятки.

2.2.2 RTAI з пакетом «*linuxcnc*»

RTAI вже багато років є основою дистрибутивів LinuxCNC. Зазвичай він забезпечує найкращу продуктивність у режимі реального часу з точки зору низької затримки, але може мати гіршу підтримку периферійних пристроїв і не так багато роздільних здатностей екрану. Ядро RTAI доступне в репозиторії пакетів LinuxCNC. Якщо ви встановили систему з образу Live/Install, то перехід на інше ядро та версію LinuxCNC описано в розділі [Встановлення RTAI].

2.2.3 Xenomai з пакетом *linuxcnc-uspace*

Xenomai також підтримується, але вам доведеться знайти або зібрати ядро та скомпілювати LinuxCNC з вихідного коду, щоб використовувати його.

2.2.4 RTAI з пакетом *linuxcnc-uspace*

Також можна запустити LinuxCNC з RTAI в режимі простору користувача. Як і у випадку з Xenomai, для цього потрібно буде скомпілювати з вихідного коду.

2.3 Проблемне обладнання

2.3.1 Ноутбуки

Ноутбуки зазвичай не підходять для генерації кроків програмного забезпечення в реальному часі. Знову ж таки, тест затримки, запущений протягом тривалого часу, надасть вам інформацію, необхідну для визначення придатності.

2.3.2 Відеокарти

Якщо під час інсталяції з'являється вікно з роздільною здатністю екрана 800 x 600, то, найімовірніше, Debian не розпізнає вашу відеокарту або монітор. Іноді це можна вирішити, встановивши драйвери або створивши/відредагувавши файли Xorg.conf.

Chapter 3

Отримання LinuxCNC

У цьому розділі описано рекомендований спосіб завантаження та встановлення нової версії LinuxCNC. Для сміливих користувачів також існують [Альтернативні методи встановлення](#). Якщо ви маєте існуючу версію, яку хочете оновити, перейдіть до розділу [Оновлення LinuxCNC](#).

Note

Для роботи з обладнанням LinuxCNC потребує спеціального ядра з розширеннями реального часу. Є три можливості: `preempt-rt`, `RTAI` або `Xenomai`. Крім того, існують дві версії LinuxCNC, які працюють з цими ядрами. Детальніше дивіться в таблиці нижче. Однак для тестування коду та моделювання можна запустити програму `linuxcnc-uspace` на стандартному ядрі дистрибутива.

Нові інсталяції LinuxCNC найпростіше створювати за допомогою Live/Install Image. Це гібридний образ файлової системи ISO, який можна записати на USB-накопичувач або DVD-диск і використовувати для завантаження комп'ютера. Під час завантаження вам буде запропоновано вибрати завантаження «Live»-системи (для запуску LinuxCNC без внесення постійних змін до вашого комп'ютера) або завантаження інсталятора (для встановлення LinuxCNC та його операційної системи на жорсткий диск вашого комп'ютера).

Схема процесу виглядає так:

1. Завантажте образ для активації/інсталяції.
2. Запишіть образ на USB-накопичувач або DVD-диск.
3. Завантажте систему Live, щоб протестувати LinuxCNC.
4. Завантажте інсталятор, щоб встановити LinuxCNC.

3.1 Завантажте зображення

У цьому розділі описано деякі методи завантаження образу Live/Install.

3.1.1 Звичайне завантаження

Програмне забезпечення для LinuxCNC для завантаження представлено на сторінці проекту [Downloads page](#). Більшість користувачів будуть шукати образ диска для ПК Intel/AMD, URL-адреса буде схожа на https://www.linuxcnc.org/iso/linuxcnc_2.9.8-amd64.hybrid.iso.

Для Raspberry Pi надано кілька зображень, щоб усунути відмінності між RPi4 та RPi5.

Note

Не використовуйте звичайну дистрибуцію Raspbian для LinuxCNC, яка може бути поставлена разом із вашим стартовим набором RPi, оскільки вона не матиме ядра реального часу і ви не зможете перейти з Raspbian на образ ядра Debian.

3.1.2 Завантажити за допомогою zsync

zsync — це програма для завантаження, яка ефективно відновлює перервані завантаження та ефективно передає великі файли з невеликими змінами (якщо у вас є старіша локальна копія). Зверніть увагу, що для роботи програми необхідний протокол http, а не https. Використовуйте zsync, якщо завантаження зображення за допомогою методу [Normal Download](#) часто переривається.

zsync у Linux

1. Встановіть zsync за допомогою Synaptic або виконавши наступну команду у [terminal](#)

```
sudo apt-get install zsync
```

2. Потім виконайте цю команду, щоб завантажити ISO-образ на свій комп'ютер

```
zsync https://www.linuxcnc.org/iso/linuxcnc_2.9.8-amd64.hybrid.iso
```

Будь ласка, не забудьте перевірити контрольну суму завантаженого ISO-образу, як описано нижче, оскільки автентичність сервера не гарантується протоколом http.

zsync в Windows Існує порт zsync для Windows. Він працює як консольний застосунок і його можна завантажити з <https://www.assembla.com/spaces/zsync-windows/documents>.

3.1.3 Перевірте зображення

(Цей крок не потрібен, якщо ви використовували zsync)

1. Після завантаження перевірте контрольну суму образу, щоб забезпечити його цілісність.

```
md5sum linuxcnc-2.9.8-amd64.iso
```

або

```
sha256sum linuxcnc-2.9.8-amd64.iso
```

1. Потім порівняйте з цими контрольними сумами

amd64 (PC)

```
md5sum: cf77d61fcba9641d7205ac33751e5f38
```

```
sha256sum: 72eab92d7c34c238b0429054dc52d240df8dc5f083e769a39194cfac3e4984e8
```

arm64 (Pi)

```
md5sum: 4547e8a72433efb033f0a5cf166a5cd2
```

```
sha256sum: ff3ba9b8dfb93baf1e2232746655f8521a606bc0fab91bffc04ba74cc3be6bf0
```

Перевірка md5sum у Windows або Mac Windows не постачається з програмою md5sum, але є альтернативи. Більше інформації можна знайти за адресою: [Як використовувати MD5SUM](#)

3.2 Записати образ на завантажувальний пристрій

ISO-образ LinuxCNC Live/Install — це гібридний ISO-образ, який можна записати безпосередньо на USB-накопичувач (флеш-накопичувач) або DVD-диск і використовувати для завантаження комп'ютера. Образ занадто великий, щоб поміститися на CD-диск.

3.2.1 Зображення Raspberry Pi

Образ Raspberry Pi - це повний образ SD-карти, який слід записати на SD-карту за допомогою [додатку Raspberry Pi Imager](<https://www.raspberrypi.com/software/>). Зверніть увагу, що додаток Imager може відкрити .zip-файл безпосередньо, без необхідності розгортати.

3.2.2 Образ AMD-64 (x86-64, ПК) з використанням інструментів графічного інтерфейсу

Завантажте та встановіть Balena Etcher з <https://etcher.balena.io/#download-etcher> (Linux, Windows, Mac) та запишіть завантажений образ на USB-накопичувач.

Якщо ваш образ не завантажується, спробуйте також Rufus. Це виглядає складніше, але, здається, сумісний з різними BIOS.

3.2.3 Командний рядок - Linux

1. Підключіть USB-накопичувач (наприклад, флеш-накопичувач або флеш-накопичувач).
2. Визначте файл пристрою, що відповідає USB-флешці. Цю інформацію можна знайти у виводі `sudo dmesg` після підключення пристрою. `cat /proc/partitions` також може бути корисним.
3. Використайте команду `dd`, щоб записати образ на ваш USB-накопичувач. Наприклад, якщо ваш накопичувач відображається як `/dev/sde`, тоді використовуйте цю команду:

```
dd if=linuxcnc_2.9.8-amd64.hybrid.iso of=/dev/sde bs=4k status=progress
```

3.2.4 Командний рядок - MacOS

1. Відкрийте термінал і введіть `diskutil list`
2. Вставте USB-накопичувач і запишіть назву нового диска, який з'явиться, наприклад, `/dev/disk5`.
3. Відмонтуйте USB. Замість N слід підставити число, вказане вище.

```
diskutil unmountDisk /dev/diskN
```

4. Передайте дані за допомогою команди `dd`, як і для Linux вище. Зверніть увагу, що на початку назви диска додається літера "r".

```
sudo dd if=linuxcnc_2.9.8-amd64.hybrid.iso of=/dev/rdiskN bs=1m status=progress
```

Запис образу на DVD-диск у Linux

1. Вставте чистий DVD-диск у пристрій для запису. З'явиться вікно «Створення CD/DVD» або «Вибір типу диска». Закрийте його, оскільки ми більше не використовуємо його.
2. Перейдіть до завантаженого зображення у файловому браузері.
3. Клацніть правою кнопкою миші на файлі ISO-образу та виберіть «Записати на диск».
4. Виберіть швидкість запису. Рекомендується записувати на найнижчій можливій швидкості.
5. Запустіть процес горіння.
6. Якщо з'явиться вікно «виберіть ім'я файлу для образу диска», просто натисніть кнопку «ОК».

Запис образу на DVD-диск у Windows

1. Завантажте та встановіть Infra Recorder, безкоштовну програму для запису зображень з відкритим кодом: <https://infrarecorder.org/>.
2. Вставте чистий компакт-диск у дисковод і виберіть «Нічого не робити» або «Скасувати», якщо з'явиться діалогове вікно автозапуску.
3. Відкрийте програму Infra Recorder та виберіть меню «Дії», а потім «Записати образ».

Запис образу на DVD-диск у Mac OSX

1. Завантажте файл .iso
2. Клацніть правою кнопкою миші на файлі у вікні Finder і виберіть «Записати на диск». (Опція запису на диск з'явиться, лише якщо на пристрої встановлено або підключено оптичний привід.)

3.3 Тестування LinuxCNC

Підключивши USB-накопичувач або вставивши DVD-диск у привід, вимкніть комп'ютер, а потім знову увімкніть його. Це запустить комп'ютер із Live/Install Image і вибере опцію Live boot.

Note

Якщо система не завантажується з DVD-диска або USB-носія, можливо, знадобиться змінити порядок завантаження в BIOS ПК.

Після завантаження комп'ютера ви можете спробувати LinuxCNC без його встановлення. У режимі Live ви не можете створювати власні конфігурації або змінювати більшість системних налаштувань, але ви можете (і повинні) виконати тест затримки.

Щоб спробувати LinuxCNC: у меню Applications/CNC виберіть LinuxCNC. Відкриється діалогове вікно, в якому ви зможете вибрати одну з багатьох зразкових конфігурацій. На цьому етапі доцільно вибрати конфігурацію «sim». Деякі зразкові конфігурації містять екранні 3D-симулятори верстатів. Щоб їх переглянути, знайдіть «Vismach».

Щоб перевірити, чи підходить ваш комп'ютер для програмної генерації ступінчастих імпульсів, виконайте тест затримки, як показано [тут](#).

На момент написання статті Live Image доступний тільки з ядром preempt-rt і відповідним Linux-CNC. На деяких апаратних засобах це може не забезпечити достатньої затримки. Існує експериментальна версія, що використовує ядро RTAI realtime, яке часто забезпечує кращу затримку.

3.4 Встановлення LinuxCNC

Щоб встановити LinuxCNC з Live CD, виберіть «Встановити (графічне)» під час завантаження.

3.5 Оновлення для LinuxCNC

При звичайній установці Update Manager повідомить вас про оновлення LinuxCNC, коли ви підключите до Інтернету, і дозволить вам легко виконати оновлення без необхідності володіння знаннями про Linux. При запиті можна оновлювати все, крім операційної системи.



Warning

Не оновлюйте операційну систему до нової версії, якщо вас про це попросять. Однак вам слід приймати оновлення ОС, особливо оновлення безпеки.

3.6 Проблеми з встановленням

У рідкісних випадках вам може знадобитися скинути BIOS до налаштувань за замовчуванням, якщо під час встановлення з Live CD система не розпізнає жорсткий диск.

3.7 Альтернативні методи встановлення

Найпростіший і найкращий спосіб встановлення LinuxCNC — це використання Live/Install Image, як описано вище. Цей метод є максимально простим і надійним, він підходить як для початківців, так і для досвідчених користувачів. Однак, як правило, він замінить будь-яку існуючу операційну систему. Якщо на цільовому ПК є файли, які ви хочете зберегти, скористайтеся одним із методів, описаних у цьому розділі.

Крім того, для досвідчених користувачів, які знайомі з адмініструванням системи Debian (пошук образів інсталяції, робота з джерелами арт, зміна версій ядра тощо), нові інсталяції підтримуються на таких платформах: («amd64» означає «64-бітний» і не є специфічним для процесорів AMD, він працюватиме на будь-якій 64-бітній системі x86)

Debian Trixie	amd64 & arm64	preempt-rt	linuxcnc- uspace	керування та моделювання машин
Debian Trixie	amd64	RTAI	linuxcnc	керування машиною
Розповсюдження	Архітектура	Ядро	Назва пакета	Типове використання
Книжковий черв'як Debian	amd64 & arm64	preempt-rt	linuxcnc-uspace	керування та моделювання машин
Книжковий черв'як Debian	amd64	RTAI	linuxcnc	керування машиною
Debian Bullseye	amd64	preempt-rt	linuxcnc-uspace	керування та моделювання машин

Debian Trixie	amd64 & arm64	preempt-rt	linuxcnc- uspace	керування та моделювання машин
Будь-який	Будь-який	Запас	linuxcnc-uspace	ТІЛЬКИ симуляція

Note

LinuxCNC версії 2.9 не підтримується на Debian 9 або старішій версії.

Ядра Preempt-RT Ядра Preempt-rt доступні для Debian у звичайному архіві debian.org. Пакет називається `linux-image-rt-*`. Просто встановіть пакет так само, як і будь-який інший пакет із менеджера пакетів Synaptic або за допомогою `apt-get` у командному рядку.

Ядра RTAI Ядра RTAI можна завантажити з архіву Debian на сайті linuxcnc.org. Вихідний код `apt`:

- Debian Trixie: `deb http://linuxcnc.org trixie base`
- Debian Bookworm: `deb http://linuxcnc.org bookworm base`
- Debian Bullseye: `deb http://linuxcnc.org bullseye base`
- Debian Buster: `deb http://linuxcnc.org buster base`

LinuxCNC та ядро RTAI зараз доступні лише для 64-бітних ОС, але залишилося дуже мало систем, які не можуть працювати з 64-бітною ОС.

3.7.1 Встановлення на Debian Trixie (з ядром Preempt-RT)

1. Встановіть Debian Trixie (Debian 13), версія amd64. Ви можете завантажити інсталятор тут: <https://www.debian.org/distrib/>
2. Після запису ISO-образу та завантаження системи, якщо ви не хочете використовувати робочий стіл Gnome, виберіть «Додаткові параметри» > «Альтернативні середовища робочого столу» та виберіть те, яке вам подобається. Потім виберіть «Встановити» або «Графічна інсталяція».

**Warning**

Не вводьте пароль `root`, інакше `sudo` буде вимкнено, і ви не зможете виконати наступні кроки.

3. Виконайте наступну команду у [terminal](#), щоб оновити машину до останніх пакетів.

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

Note

Можна завантажити версію LinuxCNC безпосередньо з Debian (наразі це версія 2.9.4), але новішу версію (2.9.8) можна встановити з репозиторію LinuxCNC.

4. Встановлення ядра та модулів Preempt-RT

```
sudo apt-get install linux-image-rt-amd64
```

5. Перезавантажте систему і виберіть ядро Linux 6.1.0-10-rt-amd64. Точна версія ядра може відрізнятися, шукайте суфікс «-rt». Він може бути прихований у підменю «Advanced options for Debian Bookworm» (Розширені параметри для Debian Bookworm) у Grub. Після входу в систему переконайтеся, що команда PREEMPT_RT відображається наступною командою.

```
uname -v
```

6. Відкрийте меню «Додатки» > «Система» > «Менеджер пакетів Synaptic», знайдіть «linux-image», клацніть правою кнопкою миші на оригінальному не-rt і виберіть «Позначити для повного видалення». Перезавантажте систему. Це потрібно для того, щоб змусити систему завантажуватися з ядра RT. Якщо ви бажаєте зберегти обидва ядра, то інші ядра видаляти не потрібно, але буде потрібно змінити конфігурацію завантаження grub, що виходить за рамки цього документа.
7. Додайте ключ підпису архіву LinuxCNC до свого ключового кільця apt, завантаживши [скрипт інстальатора LinuxCNC](<https://www.linuxcnc.org/linuxcnc-install.sh>). Щоб запустити скрипт, вам потрібно зробити його виконуваним:

```
chmod +x linuxcnc-install.sh
```

```
b''Пб''b''об''b''тб''b''иб''b''мб'' b''мб''b''об''b''жб''b''нб''b''аб'' b''зб''b''аб''b ←
''пб''b''yb''b''cb''b''тб''b''иб''b''тб''b''иб'' b''иб''b''нб''b''cb''b''тб''b' ←
'ab''b''лб''b''яб''b''тб''b''об''b''рб'':
```

```
sudo ./linuxcnc-install.sh
```

3.7.2 Встановлення на Debian Trixie (з експериментальним ядром RTAI)

1. Це ядро та версію LinuxCNC можна встановити поверх інсталяції Live DVD або ж на чисту інсталяцію Debian Trixie 64-bit, як описано вище.
2. Ви можете додати ключ підпису архіву LinuxCNC та інформацію про репозиторій, завантаживши та запустивши інсталяційний скрипт, як описано вище. Якщо буде виявлено ядро RTAI, інсталяція зупиниться перед інсталяцією будь-яких пакетів.
3. Оновіть список пакетів з linuxcnc.org

```
sudo apt-get update
```

4. Видаліть існуючу версію LinuxCNC для uspace та встановіть нове ядро реального часу, RTAI та RTAI-версію LinuxCNC.

```
sudo apt-get purge linuxcnc-uspace
sudo apt-get purge linuxcnc-doc*
sudo apt-get install linuxcnc
```

Перезавантажте машину, переконавшись, що система завантажується з нового ядра 5.4.258-rtai.

3.7.3 Встановлення на Raspbian 12

Не робіть цього. Затримки занадто великі з ядром за замовчуванням, а ядро PREEMPT_RT (RT є важливим) Debian не завантажується на Pi (станом на 1/2024). Будь ласка, зверніться до образів .iso, наданих онлайн на звичайній [сторінці завантаження LinuCNC](#). Ви можете створити їх самостійно, дотримуючись сценаріїв, наданих [онлайн](#).

Chapter 4

Запуск LinuxCNC

4.1 Виклик LinuxCNC

Після встановлення LinuxCNC запускається так само, як і будь-яка інша програма Linux: запустіть її з [terminal](#), виконавши команду `linuxcnc`, або виберіть її в меню *Programs -> CNC*.

4.2 Запуск конфігурації

Під час запуску LinuxCNC (з меню CNC або з командного рядка без вказівки INI-файлу) запускається діалогове вікно Вибір конфігурації.

Діалогове вікно «Вибір конфігурації» дозволяє користувачеві вибрати одну з існуючих конфігурацій (Мої конфігурації) або вибрати нову (з Прикладів конфігурацій) для копіювання в домашній каталог. Скопійовані конфігурації з'являться в розділі Мої конфігурації при наступному запуску вікна «Вибір конфігурації».

Селектор конфігурації пропонує вибір конфігурацій, організованих за такими параметрами:

- «Мої конфігурації» - конфігурації користувача, розташовані у файлі `linuxcnc/configs` у вашому домашньому каталозі.
- «Приклади конфігурацій» — вибрані приклади конфігурацій копіюються до папки `linuxcnc/configs`. Після копіювання прикладу конфігурації до вашої локальної папки, програма запуску запропонує його як «Мої конфігурації». Назви, під якими представлені ці локальні конфігурації, відповідають назвам папок у папці `configs/`:
 - *sim* - Конфігурації, що включають симульоване обладнання. Їх можна використовувати для тестування або вивчення роботи LinuxCNC.
 - *by_interface* - Конфігурації, організовані за допомогою графічного інтерфейсу.
 - *by_machine* - Конфігурації, організовані за машиною.
 - *apps* - Програми, які не потребують запуску `linuxcnc`, але можуть бути корисними для тестування або спроби роботи програм, таких як [PyVCP](#) або [GladeVCP](#).
 - *attic* - Застарілі або історичні конфігурації.

Конфігурації симулятора часто є найкориснішою відправною точкою для нових користувачів і організовані навколо підтримуваних графічних інтерфейсів:

- *axis* - Графічний інтерфейс клавіатури та миші

- *craftsman* - Графічний інтерфейс користувача з сенсорним екраном (більше не підтримується ???)
- *gtocscary* - Сенсорний екран графічного інтерфейсу
- *gscreen* - Сенсорний екран графічного інтерфейсу
- *pyvcp_demo* - Віртуальна панель керування Python
- *qtaxis* - Сенсорний екран графічного інтерфейсу, схожий на осі
- *qtdragon* - Сенсорний екран графічного інтерфейсу
- *qtdragon_hd* - Сенсорний екран графічного інтерфейсу, висока чіткість
- *qtplasmac* - Сенсорний екран графічного інтерфейсу для плазмових столів
- *qttouchy* - Сенсорний екран графічного інтерфейсу
- *tklinuxcnc* - Графічний інтерфейс клавіатури та миші (більше не підтримується)
- *touchy* - Сенсорний екран графічного інтерфейсу
- *woodpecker* - Сенсорний екран графічного інтерфейсу

Каталог конфігурації графічного інтерфейсу може містити підкаталоги з конфігураціями, що ілюструють спеціальні ситуації або вбудовування інших програм.

Конфігурації «*by_interface*» організовані навколо поширених, підтримуваних інтерфейсів, таких як:

- загальна мехатроніка
- *mesa*
- *rapport*
- *pico*
- *pluto*
- *servotogo*
- пильний
- життєво важливі системи

Для використання цих конфігурацій як відправних точок для системи може знадобитися відповідне обладнання.

Конфігурації «*by_machine*» організовані навколо повних, відомих систем, таких як:

- бос
- крутотуль
- *scortbot erIII*
- Шерлайн
- кузня
- громіздкий

Для використання цих конфігурацій може знадобитися повна система.

«Елементи програм» зазвичай є одними з наступних:

1. утиліти, які не потребують запуску linuxcnc
2. демонстрації програм, які можна використовувати з linuxcnc
 - info - створює файл із системною інформацією, яка може бути корисною для діагностики проблем.
 - gladevcp - Приклади програм GladeVCP.
 - halrun - Запускає halrun у [terminal](#).
 - latency - Застосування для дослідження затримки
 - latency-histogram-1 - гістограма для одного сервопотуку
 - latency-histogram - гістограма
 - тест-латентності - стандартний тест
 - latency-plot - stripchart
 - rapport - Заявки на тестування паркету.
 - ruвср - Приклади ruвср-застосунків.
 - xhc-hb04 - Застосування для тестування бездротового MPG xhc-hb04 USB

Note

У каталозі «Програми» для копіювання до каталогу користувача пропонуються лише ті програми, які користувач корисно змінив.



Figure 4.1: Вибір конфігурації LinuxCNC

Клацніть будь-яку зі списку конфігурацій, щоб відобразити певну інформацію про неї. Двічі клацніть конфігурацію або натисніть кнопку «ОК», щоб розпочати налаштування.

Виберіть «Створити ярлик на робочому столі» та натисніть «ОК», щоб додати значок на робочий стіл Ubuntu для безпосереднього запуску цієї конфігурації без відображення екрана вибору конфігурації.

Коли ви вибираєте конфігурацію з розділу «Зразки конфігурацій», копія цієї конфігурації автоматично розміщується в каталозі `~/linuxcnc/configs`.

4.3 Наступні кроки в налаштуванні

Знайшовши зразок конфігурації, який використовує те саме апаратне забезпечення інтерфейсу, що й ваш комп'ютер (або конфігурацію симулятора), та збереживши його копію у вашій домашній директорії, ви можете налаштувати його відповідно до особливостей вашого комп'ютера. Інформацію про конфігурацію див. у Посібнику інтегратора.

4.4 Конфігурації симулятора

Усі конфігурації, перелічені в розділі «Зразки конфігурацій/sim», призначені для роботи на будь-якому комп'ютері. Не потрібне спеціальне обладнання та підтримка в режимі реального часу.

Ці конфігурації корисні для вивчення окремих можливостей або опцій. Конфігурації симулятора організовані відповідно до графічного інтерфейсу користувача, який використовується в демонстрації. Каталог для осі містить найбільшу кількість варіантів і підкаталогів, оскільки це найбільш перевірений графічний інтерфейс користувача. Можливості, продемонстровані за допомогою будь-якого конкретного графічного інтерфейсу користувача, можуть бути доступні і в інших графічних інтерфейсах.

4.5 Ресурси конфігурації

Селектор конфігурації копіює всі файли, необхідні для конфігурації, в новий підкаталог `~/linuxcnc/configs` (еквівалентно: `/home/username/linuxcnc/configs`). Кожен створений каталог буде містити принаймні один файл INI (`inifilename.ini`), який використовується для опису конкретної конфігурації.

Ресурси файлів у скопійованому каталозі зазвичай містять один або кілька файлів INI (`ім'я_файлу.ini`) для відповідних конфігурацій та файл таблиці інструментів (`ім'я_файлу_інструменту.tbl`). Крім того, ресурси можуть містити файли HAL (`filename.hal`, `filename.tcl`), файл README з описом каталогу та інформацію про конкретну конфігурацію в текстовому файлі, названому на честь конкретної конфігурації (`inifilename.txt`). Останні два файли відображаються під час використання селектора конфігурації.

У наданих зразках конфігурацій у файлі конфігурації INI може бути вказано параметр HALFILE (`ім'я_файлу.hal`), який відсутній у скопійованому каталозі, оскільки він знаходиться в системній бібліотеці файлів HAL. Ці файли можна скопіювати до каталогу конфігурації користувача та змінити відповідно до потреб користувача для модифікації або тестування. Оскільки при пошуку файлів HAL спочатку перевіряється каталог конфігурації користувача, місцеві модифікації матимуть пріоритет.

Селектор конфігурації створює символічне посилання в каталозі конфігурації користувача (з назвою `hallib`), яке вказує на системну бібліотеку файлів HAL. Це посилання спрощує копіювання файлу бібліотеки. Наприклад, щоб скопіювати файл бібліотеки `core_sim.hal` для внесення локальних змін:

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

Chapter 5

Оновлення LinuxCNC

Оновлення LinuxCNC до нового минорного релізу (тобто до нової версії в тій самій стабільній серії, наприклад, з 2.9.7 до 2.9.8) відбувається автоматично, якщо ваш ПК підключено до Інтернету. Ви побачите запит на оновлення після минорного релізу разом з іншими оновленнями програмного забезпечення. Якщо у вас немає підключення до Інтернету на вашому ПК, див. [Оновлення без мережі](#).

5.1 Оновіться до нової версії

У цьому розділі описано, як оновити LinuxCNC з версії 2.8.x до версії 2.9.y. Припускається, що у вас є встановлена версія 2.8, яку ви хочете оновити.

Щоб оновити LinuxCNC з версії, старшої за 2.8, спочатку необхідно [оновити стару версію до 2.8](#), а потім виконати ці інструкції для оновлення до нової версії.

Якщо у вас немає старої версії LinuxCNC для оновлення, тоді краще зробити чисту інсталяцію нової версії, як описано в розділі [Отримання LinuxCNC](#).

Крім того, якщо ви використовуєте Ubuntu Precise, Debian Wheezy або Debian Buster, варто розглянути можливість створення резервної копії каталогу "linuxcnc" на знімному носії та виконання [чистої інсталяції новішої ОС та версії LinuxCNC](#), оскільки ці випуски були EOL у 2017, 2018 та 2022 роках відповідно. Якщо ви використовуєте Ubuntu Lucid, вам доведеться зробити це, оскільки Lucid більше не підтримується LinuxCNC (він був EOL у 2013 році).

Щоб оновити основні версії, наприклад 2.8 до 2.9, коли у вас є мережеве підключення на комп'ютері, вам потрібно вимкнути старі джерела linuxcnc.org apt у файлі /etc/apt/sources.list і додати нове джерело linuxcnc.org apt для 2.9, а потім оновити LinuxCNC.

Деталі залежатимуть від платформи, на якій ви працюєте. Відкрийте [terminal](#), а потім введіть `lsb_release -ic`, щоб знайти цю інформацію:

```
lsb_release -ic
b''Дб''b''иб''b''cb''b''тb''b''pb''b''иб''b''6b''b''юb''b''тb''b''ob''b''pb'' ID: Debian
b''Kb''b''ob''b''дb''b''ob''b''vb''b''eb'' b''ib''b''mb''b''яb''':          Trixie
```

Ви повинні використовувати Debian Bullseye, Bookworm або Trixie, або Ubuntu 20.04 "Focal Fossa" або новішу версію. LinuxCNC 2.9.y не працюватиме на старіших дистрибутивах.

Вам також потрібно буде перевірити, яке ядро реального часу використовується:

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

Якщо ви бачите (як вище) `-rt-` в імені ядра, то ви використовуєте ядро `preempt-rt` і повинні встановити версію `LinuxCNC` «`uspace`». Ви також повинні встановити `uspace` для конфігурацій «`sim`» на ядрах, що не працюють в режимі реального часу.

Якщо ви бачите «`rtai-`» в назві ядра, то ви використовуєте `RTAI realtime`. Дивіться нижче, яку версію `LinuxCNC` потрібно встановити. Пакет `RTAI` доступний для `Bookworm` і `Buster`, але наразі недоступний для `Bullseye`.

5.1.1 Конфігурація Apt Sources

- Відкрийте вікно «Джерела програмного забезпечення». Процес цього дещо відрізняється на трьох підтримуваних платформах:
 - Debian:
 - * Натисніть «Меню програм», потім «Система», а потім «Менеджер пакетів Synaptic».
 - * У `Synaptic` натисніть меню «Налаштування», потім натисніть «Репозиторії», щоб відкрити вікно «Джерела програмного забезпечення».
 - Точність Ubuntu:
 - * Натисніть на значок «Головна панель Dash» у верхньому лівому куті.
 - * У полі «Пошук» введіть «програмне забезпечення», а потім натисніть на значок «Центр програмного забезпечення Ubuntu».
 - * У вікні Центру програмного забезпечення Ubuntu натисніть меню «Редагувати», потім натисніть «Джерела програмного забезпечення...», щоб відкрити вікно «Джерела програмного забезпечення».
 - Ubuntu Lucid:
 - * Натисніть меню «Система», потім «Адміністрування», а потім «Менеджер пакетів Synaptic».
 - * У `Synaptic` натисніть меню «Налаштування», потім натисніть «Репозиторії», щоб відкрити вікно «Джерела програмного забезпечення».
- У вікні «Джерела програмного забезпечення» виберіть вкладку «Інше програмне забезпечення».
- Видаліть або зніміть позначки з усіх старих записів `linuxcnc.org` (залиште всі рядки, що не стосуються `linuxcnc.org`, як є).
- Натисніть кнопку «Додати» та додайте новий рядок `apt`. Рядок дещо відрізнятиметься на різних платформах:

Table 5.1: Табличний огляд варіантів операційної системи та відповідної конфігурації репозиторію. Конфігурацію можна виконати в графічному інтерфейсі диспетчера пакетів або у файлі `/etc/apt/sources.list`.

ОС / Версія реального часу	Репозиторій
Debian Bullseye - випередження	deb https://linuxcnc.org bullseye base 2.9-uspace
Debian Bookworm - випередити	deb https://linuxcnc.org bookworm base 2.9-uspace
Debian Bookworm - RTAI	deb https://linuxcnc.org bookworm base 2.9-rt
Debian Trixie - витіснення	deb https://linuxcnc.org trixie база 2.9-міліметровий простір
Debian Trixie - RTAI	deb https://linuxcnc.org trixie база 2.9-rt

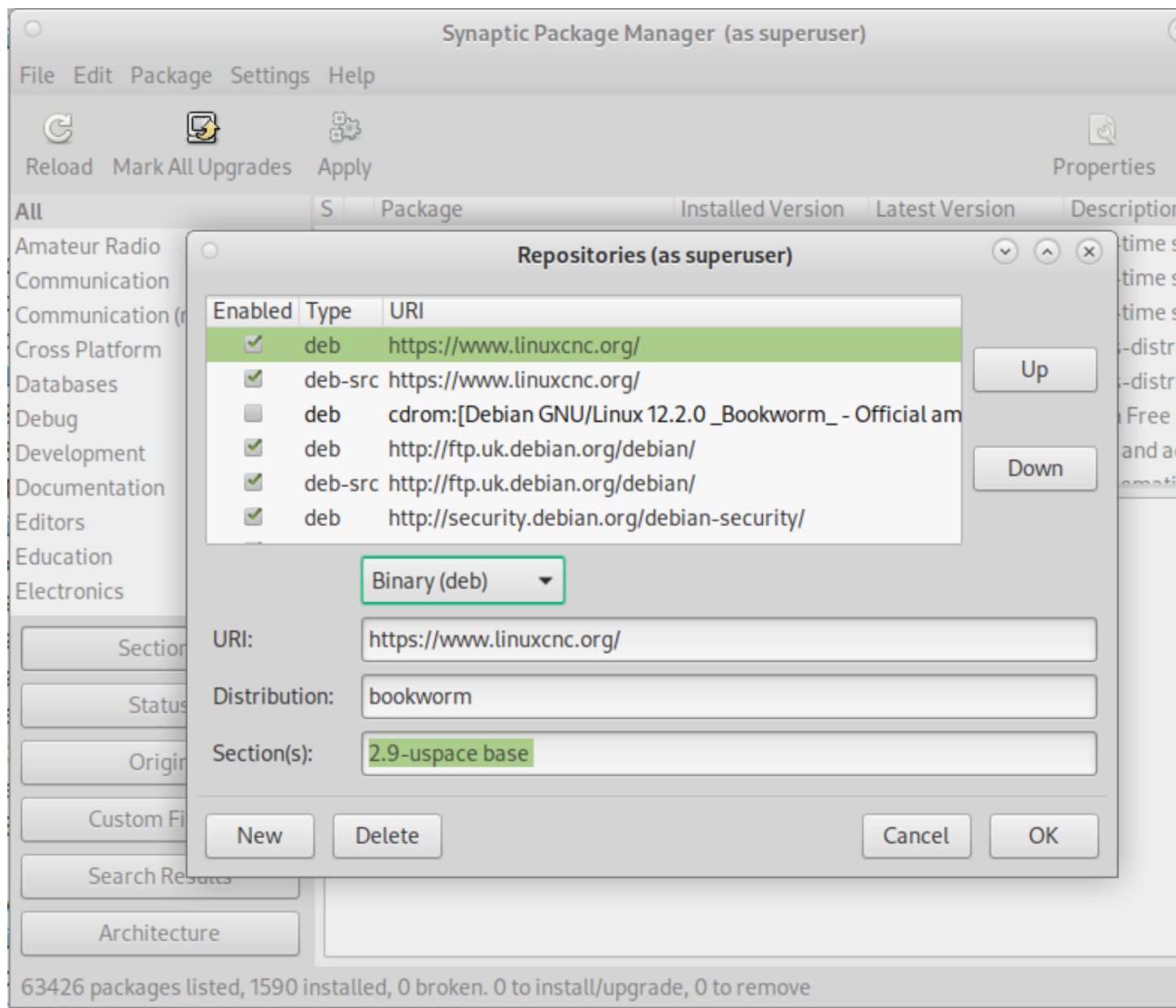


Figure 5.1: Рисунок зі скріншотом конфігурації репозиторію менеджера пакетів synaptic.

- Натисніть кнопку «Додати джерело», а потім «Закрити» у вікні «Джерела програмного забезпечення». Якщо з'явиться вікно з повідомленням про те, що інформація про доступне програмне забезпечення застаріла, натисніть кнопку «Перезавантажити».

5.1.2 Оновлення до нової версії

Тепер ваш комп'ютер знає, де взяти нову версію програмного забезпечення, далі нам потрібно її встановити.

Процес знову ж таки відрізняється залежно від вашої платформи.

5.1.2.1 Debian Bullseye, Bookworm та Trixie

Debian використовує менеджер пакетів Synaptic.

- Відкрийте Synaptic, використовуючи інструкції з розділу [Налаштування джерел apt](#) вище.
- Натисніть кнопку «Перезавантажити».
- Використайте функцію пошуку для пошуку linuxcnc.
- Пакет називається "linuxcnc" для ядер RTAI та "linuxcnc-uspace" для preempt-rt.
- Поставте галочку, щоб позначити нові пакети linuxcnc та linuxcnc-doc-* для оновлення. Менеджер пакетів може вибрати ряд додаткових пакетів для встановлення, щоб задовольнити залежності, які має новий пакет linuxcnc.
- Натисніть кнопку «Застосувати» та дозвольте комп'ютеру встановити новий пакет. Старий пакет linuxcnc буде автоматично оновлено до нового.

5.1.3 Ubuntu

- Натисніть на значок «Головна панель Dash» у верхньому лівому куті.
- У полі «Пошук» введіть «оновлення», а потім натисніть на значок «Менеджер оновлень».
- Натисніть кнопку «Перевірити», щоб отримати список доступних пакетів.
- Натисніть кнопку «Встановити оновлення», щоб встановити нові версії всіх пакетів.

5.2 Оновлення без мережі

Щоб оновити систему без мережевого підключення, потрібно завантажити .deb-файл, а потім встановити його за допомогою dpkg. Deb-файли можна знайти за адресою <https://linuxcnc.org/dists/>.

Вам потрібно перейти за посиланням вище, щоб знайти правильний deb-файл для вашої інсталяції. Відкрийте [terminal](#) та введіть `lsb_release -ic`, щоб знайти назву випуску вашої ОС.

```
> lsb_release -ic
b''Db''b''ib''b''cb''b''tb''b''pb''b''ib''b''bb''b''yb''b''tb''b''ob''b''pb'' ID: Debian
b''Kb''b''ob''b''db''b''ob''b''vb''b''eb'' b''ib''b''mb''b''yb'':          trixie
```

Виберіть ОС зі списку, а потім виберіть потрібну основну версію, наприклад, 2.9-rt для RTAI або 2.9-uspace для preempt-rt.

Далі виберіть тип вашого комп'ютера: binary-amd64 для 64-бітного ПК або binary-arm64 (64-біт) для Raspberry Pi.

Далі виберіть потрібну версію знизу списку, наприклад, «linuxcnc-uspace_2.9.8_amd64.deb» (виберіть найновішу за датою). Завантажте deb-файл і скопіюйте його до свого домашнього каталогу. Ви можете перейменувати файл на щось коротше за допомогою файлового менеджера, наприклад, «linuxcnc_2.9.8.deb», потім відкрийте термінал і встановіть його за допомогою менеджера пакетів за допомогою цієї команди:

```
sudo dpkg -i linuxcnc_2.9.8.deb
```

5.3 Оновлення файлів конфігурації для версії 2.9

5.3.1 Суворіша обробка підключаємих інтерпретаторів

Якщо ви просто запускаєте звичайний G-код і не знаєте, що таке підключаємий інтерпретатор, то цей розділ вас не стосується.

Рідко використовуваною функцією LinuxCNC є підтримка підключаємих інтерпретаторів, якими керує недокументований INI-файл [TASK]INTERPRETER.

Версії LinuxCNC до версії 2.9.0 обробляли неправильне налаштування [TASK]INTERPRETER, автоматично повертаючись до використання інтерпретатора G-коду за замовчуванням.

Починаючи з версії 2.9.0, неправильне значення [TASK]INTERPRETER призведе до відмови LinuxCNC запускатися. Виправте цю ситуацію, видаливши налаштування [TASK]INTERPRETER з вашого INI-файлу, щоб LinuxCNC використовував інтерпретатор G-коду за замовчуванням.

5.3.2 Кантерп

Якщо ви просто запускаєте звичайний G-код і не використовуєте підключаємий інтерпретатор canterp, то цей розділ вас не стосується.

У надзвичайно малоймовірному випадку, якщо ви використовуєте canterp, майте на увазі, що модуль переміщено з /usr/lib/libcanterp.so до /usr/lib/linuxcnc/canterp.so, і налаштування [TASK]INTERPRETER відповідно потрібно змінити з libcanterp.so на canterp.so.

5.3.3 Обмеження шпинделя в INI

Тепер можна додавати налаштування до розділу [SPINDLE] INI-файлу.

MAX_FORWARD_VELOCITY = 20000 Максимальна швидкість шпинделя (в об/хв)

MIN_FORWARD_VELOCITY = 3000 Мінімальна швидкість шпинделя (в об/хв)

MAX_REVERSE_VELOCITY = 20000 Якщо цей параметр пропустити, він матиме значення MAX_FORWARD_VELOCITY за замовчуванням.

MIN_REVERSE_VELOCITY = 3000` Цей параметр еквівалентний MIN_FORWARD_VELOCITY, але для зворотного обертання шпинделя. Якщо його пропустити, за замовчуванням використовуватиметься MIN_FORWARD_VELOCITY.

INCREMENT = 200 Встановлює розмір кроку для команд збільшення/зменшення швидкості шпинделя. Це значення може бути різним для кожного шпинделя. Цей параметр діє з AXIS та Touchy, але зверніть увагу, що деякі екрани керування можуть обробляти речі по-різному.

HOME_SEARCH_VELOCITY = 100 - Прийнято, але наразі нічого не робить

HOME_SEQUENCE = 0 - Прийнято, але наразі нічого не робить

5.4 Оновлення файлів конфігурації для версії 2.10.y

Touchy: записи Touchy MACRO тепер слід розміщувати в розділі [MACROS] INI-файлу, а не в розділі [TOUCHY]. Це частина процесу уніфікації налаштувань INI між графічними інтерфейсами.

5.5 Нові компоненти HAL

5.5.1 Не в реальному часі

mdro mqtt-видавник pi500_vfd pmx485-тест qtplasmac-cfg2prefs qtplasmac-матеріали qtplasmac-plasmac2qt qtplasmac-налаштування sim-факел svd-ps_vfd

5.5.2 У режимі реального часу

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

5.6 Нові водії

Було представлено фреймворк для керування пристроями ModBus за допомогою послідовних портів на багатьох платах Mesa. http://linuxcnc.org/docs/2.9/html/drivers/mesa_modbus.html

Новий драйвер GPIO для будь-якого GPIO, який підтримується бібліотекою gpiod, тепер включено: http://linuxcnc.org/docs/2.9/html/drivers/hal_gpio.html

Chapter 6

Глосарій

Список термінів та їх значення. Деякі терміни мають загальне значення та кілька додаткових значень для користувачів, інсталяторів та розробників.

Гвинт Асме

Тип ходового гвинта, що використовує різьбу Асме. Різьба Асме має дещо нижче тертя і знос, ніж проста трикутна різьба, але кулькові гвинти мають ще нижчі показники. Більшість ручних верстатів використовують ходові гвинти Асме.

Вісь

Одна з рухомих частин верстата, що керується комп'ютером. У типовому вертикальному фрезерному верстаті стіл є віссю X, супорт — віссю Y, а піноль або коліно — віссю Z. Кутові осі, такі як поворотні столи, позначаються літерами A, B і C. Додаткові лінійні осі відносно інструменту позначаються відповідно літерами U, V і W.

ВІСЬ (графічний інтерфейс користувача)

Один із графічних інтерфейсів користувача, доступних для користувачів LinuxCNC. Він відрізняється сучасним використанням меню та кнопок миші, а також автоматизацією та приховуванням деяких традиційних елементів керування LinuxCNC. Це єдиний інтерфейс з відкритим кодом, який відображає весь шлях інструменту відразу після відкриття файлу.

ГМОССАРУ (графічний інтерфейс користувача)

Графічний інтерфейс користувача, доступний для користувачів LinuxCNC. Він має вигляд і функціональність промислового контролера і може використовуватися з сенсорним екраном, мишею і клавіатурою. Він підтримує вбудовані вкладки і повідомлення користувача, що керуються HAL, і пропонує безліч HAL-бітів, які можна контролювати за допомогою апаратного забезпечення. ГМОССАРУ має широкі можливості налаштування.

Зворотна реакція

Кількість «люфту» або втраченого руху, що виникає при зміні напрямку руху в ходовому гвинті або іншій механічній системі приводу. Це може бути наслідком ослаблення гайок на ходових гвинтах, прослизання ременів, провисання кабелів, «накручування» в обертових муфтах та інших місцях, де механічна система не є «натягнутою». Люфт призведе до неточного руху, а в разі руху, спричиненого зовнішніми силами (наприклад, ріжучий інструмент тягне за деталь), результатом може бути поломка ріжучих інструментів. Це може статися через раптове збільшення навантаження на різак, коли деталь тягнеться на відстань люфту ріжучим інструментом.

Компенсація люфту

Будь-яка техніка, яка намагається зменшити вплив люфту, не видаляючи його з механічної системи. Зазвичай це робиться в програмному забезпеченні контролера. Це може виправити кінцеве положення деталі, що рухається, але не вирішує проблеми, пов'язані зі зміною

напрямку руху (наприклад, кругова інтерполяція) та рухом, що викликаний зовнішніми силами (наприклад, ріжучий інструмент, що тягне за деталь).

Кульковий гвинт

Тип ходового гвинта, у якому між гайкою та гвинтом використовуються маленькі загартовані сталеві кульки для зменшення тертя. Кулькові гвинти мають дуже низьке тертя та люфт, але зазвичай досить дорогі.

Кулькова гайка

Спеціальна гайка, призначена для використання з кульковим гвинтом. Вона містить внутрішній канал для рециркуляції кульок від одного кінця гвинта до іншого.

CNC

Комп'ютерне числове управління. Загальний термін, що використовується для позначення комп'ютерного управління верстатами. Замість того, щоб оператор вручну обертав рукоятки для переміщення різального інструменту, CNC використовує комп'ютер і двигуни для переміщення інструменту на основі програми обробки деталі.

Халкомпіл

Інструмент, що використовується для збирання, компіляції та встановлення компонентів HAL для LinuxCNC.

Конфігурація (n)

Каталог, що містить набір файлів конфігурації. Користувацькі конфігурації зазвичай зберігаються в каталозі `home/linuxcnc/configs`. Ці файли включають традиційні файли INI та HAL LinuxCNC. Конфігурація також може містити кілька загальних файлів, що описують інструменти, параметри та з'єднання NML.

Конфігурація(v)

Завдання налаштування LinuxCNC таким чином, щоб він відповідав апаратному забезпеченню верстата.

Координатно-вимірювальна машина

Координатно-вимірювальна машина використовується для виконання багатьох точних вимірювань деталей. Ці машини можуть використовуватися для створення CAD-даних для деталей, для яких немає креслень, коли потрібно оцифрувати ручний прототип для виготовлення форми або перевірити точність оброблених або відлитих деталей.

Блоки відображення

Лінійні та кутові одиниці вимірювання, що використовуються для відображення на екрані.

DRO

Цифровий індикатор (DRO) — це система пристроїв для вимірювання положення, прикріплених до супортів верстата, які підключені до цифрового дисплея, що показує поточне положення інструменту відносно деякої базової позиції. DRO дуже популярні на ручних верстатах, оскільки вони вимірюють справжнє положення інструменту без люфту, навіть якщо верстат має дуже вільні гвинти Аспе. Деякі цифрові індикатори використовують лінійні квадратурні енкодери для зчитування інформації про положення з верстата, а деякі використовують методи, подібні до резольвера, який постійно перевертається.

EDM

EDM — це метод видалення металу з твердих або важко оброблюваних металів, або в тих випадках, коли обертові інструменти не можуть створити бажану форму економічно вигідним способом. Відмінним прикладом є прямокутні штампи, де потрібні гострі внутрішні кути. Фрезерування не дозволяє отримати гострі внутрішні кути за допомогою інструментів з обмеженим діаметром. Електроіскровий верстат з дротом може створювати внутрішні кути з радіусом, лише трохи більшим за радіус дроту. Електроіскровий верстат з занурювальним електродом може створювати внутрішні кути з радіусом, лише трохи більшим за радіус кута занурювального електрода.

EMC

Удосконалений машинний контролер. Спочатку проект NIST. Перейменовано на LinuxCNC у 2012 році.

EMCIO

Модуль у LinuxCNC, який обробляє загальноприйняті операції введення-виведення, не пов'язані з фактичним рухом осей.

EMSMOT

Модуль у LinuxCNC, який керує фактичним рухом різального інструменту. Він працює як програма реального часу та безпосередньо керує двигунами.

Енкодер

Пристрій для вимірювання положення. Зазвичай це механіко-оптичний пристрій, який видає квадратурний сигнал. Сигнал може бути підрахований спеціальним обладнанням або безпосередньо портом з LinuxCNC.

Годувати

Відносно повільний, контрольований рух інструменту, що використовується під час різання.

Швидкість подачі

Швидкість, з якою відбувається рух різання. В автоматичному режимі або режимі MDI швидкість подачі задається за допомогою слова F. F10 означатиме десять машинних одиниць за хвилину.

Зворотній зв'язок

Метод (наприклад, сигнали квадратурного енкодера), за допомогою якого LinuxCNC отримує інформацію про положення двигунів.

Коригування швидкості подачі

Ручна зміна швидкості руху інструменту під час різання, що контролюється оператором. Часто використовується, щоб оператор міг налаштувати інструменти, які трохи затупилися, або будь-що інше, що вимагає «підкоригування» швидкості подачі.

Число з плаваючою комою

Число, що має десяткову кому. (12.300) У HAL воно відоме як число з комою.

G-код

Загальний термін, що використовується для позначення найпоширенішої мови програмування деталей. Існує кілька діалектів G-коду, LinuxCNC використовує RS274/NGC.

Графічний інтерфейс користувача

Графічний інтерфейс користувача.

Загальне

Тип інтерфейсу, що забезпечує взаємодію між комп'ютером і людиною (у більшості випадків) за допомогою маніпуляцій з піктограмами та іншими елементами (віджетами) на екрані комп'ютера.

LinuxCNC

Програма, яка відображає графічний екран для оператора машини, дозволяючи йому керувати машиною та відповідною програмою управління.

HAL

Рівень абстракції апаратного забезпечення. На найвищому рівні це просто спосіб, що дозволяє завантажувати та з'єднувати між собою низку будівельних блоків для складання складної системи. Багато з цих будівельних блоків є драйверами для апаратних пристроїв. Однак HAL може робити більше, ніж просто налаштовувати драйвери апаратного забезпечення.

Головна сторінка

Певне місце в робочій області верстата, яке використовується для забезпечення узгодження положення інструменту між комп'ютером та фактичним верстатом.

INI-файл

Текстовий файл, що містить більшу частину інформації, яка налаштовує LinuxCNC для конкретної машини.

Екземпляр

Можна мати екземпляр класу або певного об'єкта. Екземпляр - це фактичний об'єкт, створений під час виконання. На жаргоні програмістів об'єкт "Lassie" - це екземпляр класу "Dog".

Спільні координати

Вони визначають кути між окремими шарнірами машини. Див. також Кінематика

Так

Ручне переміщення осі верстата. У режимі покрокового переміщення вісь переміщується на фіксовану величину при кожному натисканні клавіші або переміщується з постійною швидкістю, поки ви утримуєте клавішу. У ручному режимі швидкість покрокового переміщення можна встановити за допомогою графічного інтерфейсу.

простір ядра

Код, що виконується всередині ядра, на відміну від коду, що виконується в просторі користувача. Деякі системи реального часу (наприклад, RTAI) виконують код реального часу в ядрі, а код нереального часу — в просторі користувача, тоді як інші системи реального часу (наприклад, Preempt-RT) виконують як код реального часу, так і код нереального часу в просторі користувача.

Кінематика

Відношення між світовими координатами та координатами суглобів машини. Існує два типи кінематики. Пряма кінематика використовується для обчислення світових координат на основі координат суглобів. Зворотна кінематика використовується для прямо протилежної мети. Зверніть увагу, що кінематика не враховує сили, моменти тощо, що діють на машину. Вона призначена виключно для позиціонування.

Ходовий гвинт

Гвинт, який обертається за допомогою двигуна для переміщення столу або іншої частини машини. Гвинти з різьбою зазвичай бувають кульковими або трапецієподібними, хоча звичайні гвинти з трикутною різьбою можуть використовуватися там, де точність і тривалий термін служби не так важливі, як низька вартість.

Машинні агрегати

Лінійні та кутові одиниці вимірювання, що використовуються для конфігурації машини. Ці одиниці вимірювання вказані та використовуються у файлі INI. Виводи та параметри HAL також зазвичай вказані в одиницях вимірювання машини.

MDI

Ручне введення даних. Це режим роботи, в якому контролер виконує окремі рядки G-коду, які вводить оператор.

NIST

Національний інститут стандартів і технологій. Агентство Міністерства торгівлі США.

NML

Neutral Message Language забезпечує механізм обробки декількох типів повідомлень в одному буфері, а також спрощує інтерфейс для кодування та декодування буферів у нейтральному форматі та механізм конфігурації.

Зміщення

Довільна величина, що додається до значення чогось, щоб воно дорівнювало бажаному значенню. Наприклад, програми G-коду часто пишуться навколо якоїсь зручної точки, такої як X0, Y0. Зсуви кріплення можуть використовуватися для зміщення фактичної точки виконання цієї програми G-коду, щоб вона відповідала фактичному розташуванню лещат і губок. Зсуви інструменту можуть використовуватися для зміщення «невиправленої» довжини інструменту, щоб вона дорівнювала фактичній довжині цього інструменту.

Програма частини

Опис деталі мовою, зрозумілою для контролера. Для LinuxCNC цією мовою є RS-274/NGC, зазвичай відома як G-код.

Програмні одиниці

Лінійні та кутові одиниці, що використовуються в програмі обробки деталі. Лінійні одиниці програми не обов'язково повинні збігатися з лінійними одиницями верстата. Докладнішу інформацію див. у розділах G20 та G21. Кутові одиниці програми завжди вимірюються в градусах.

Python

Загальнофункціональна мова програмування дуже високого рівня. Використовується в LinuxCNC для графічного інтерфейсу Axis, інструменту конфігурації StepConf та кількох скриптів програмування G-кодом.

Швидкий

Швидкий, можливо, менш точний рух інструменту, який зазвичай використовується для переміщення між розрізами. Якщо інструмент торкається заготовки або кріплення під час швидкого переміщення, це, ймовірно, погано!

Швидкий темп

Швидкість, з якою відбувається швидкий рух. В автоматичному або MDI-режимі швидкість швидкого переміщення зазвичай дорівнює максимальній швидкості верстата. Часто бажано обмежувати швидкість швидкого переміщення під час першого тестування програми G-коду.

У режимі реального часу

Програмне забезпечення, призначене для дотримання дуже суворих термінів. У Linux, щоб відповідати цим вимогам, необхідно встановити ядро реального часу, таке як RTAI або Preempt-RT, і скомпілювати програмне забезпечення LinuxCNC для роботи в спеціальному середовищі реального часу. Програмне забезпечення реального часу може працювати в ядрі або в просторі користувача, залежно від можливостей, що надаються системою.

RTAI

Інтерфейс застосунків реального часу, див. <https://www.rtai.org/>, розширення реального часу для Linux, які LinuxCNC може використовувати для досягнення продуктивності в реальному часі.

RTLINUX

Див. <https://en.wikipedia.org/wiki/RTLinux>, старіше розширення для Linux, яке LinuxCNC використовувало для досягнення продуктивності в режимі реального часу. Застаріле, замінене RTAI.

RTAPI

Портативний інтерфейс для операційних систем реального часу, включаючи RTAI та POSIX pthreads з розширеннями реального часу.

RS-274/NGC

Офіційна назва мови, що використовується програмами обробки деталей LinuxCNC.

Серводвигун

Зазвичай, це будь-який двигун, що використовується зі зворотним зв'язком на основі вимірювання помилок для корекції положення виконавчого механізму. Також це двигун, спеціально розроблений для забезпечення покращеної продуктивності в таких застосуваннях.

Сервоцикл

Контур керування, що використовується для керування положенням або швидкістю двигуна, оснащеного пристроєм зворотного зв'язку.

Знакове ціле число

Ціле число, яке може мати додатний або від'ємний знак. У HAL це зазвичай s32, але може бути також s64.

Шпиндель

Частина верстата, яка обертається для різання. На фрезерному або свердлильному верстаті шпиндель утримує ріжучий інструмент. На токарному верстаті шпиндель утримує заготовку.

Коригування швидкості шпинделя

Ручне, кероване оператором змінення швидкості обертання інструменту під час різання. Часто використовується, щоб оператор міг регулювати вібрацію, спричинену зубцями різача. Функція Spindle Speed Override передбачає, що програмне забезпечення LinuxCNC налаштовано для керування швидкістю шпинделя.

StepConf

Майстер налаштування LinuxCNC. Він здатний обробляти багато машин, що працюють на основі команд руху «крок і напрямок». Він записує повну конфігурацію після того, як користувач відповість на кілька запитань про комп'ютер і машину, на яких буде працювати LinuxCNC.

Кроковий двигун

Тип двигуна, який обертається фіксованими кроками. Підраховуючи кроки, можна визначити, наскільки обернувся двигун. Якщо навантаження перевищує крутний момент двигуна, він пропускає один або кілька кроків, що призводить до помилок позиціонування.

TASK

Модуль у LinuxCNC, який координує загальне виконання та інтерпретує програму обробки деталей.

Tcl/Tk

Мова сценаріїв та набір інструментів графічних віджетів, за допомогою яких було написано кілька графічних інтерфейсів та майстрів вибору LinuxCNC.

Траверсний рух

Рух по прямій лінії від початкової точки до кінцевої точки.

Одиниці

Див. розділ «Машинні одиниці», «Одиниці відображення» або «Одиниці програмування».

Беззнакове ціле число

Ціле число без знака. У HAL це зазвичай [u32](#), але може бути також [u64](#).

Світові координати

Це абсолютна система відліку. Вона задає координати у вигляді фіксованої системи відліку, прикріпленої до певної точки (зазвичай до основи) верстата.

Chapter 7

Юридичний відділ

Переклади цього файлу, надані у дереві вихідних кодів, не мають юридичної сили.

7.1 Умови авторського права

Авторське право (с) 2000-2022 LinuxCNC.org

Дозволяється копіювати, розповсюджувати та/або модифікувати цей документ відповідно до умов Ліцензії на вільну документацію GNU, версія 1.1 або будь-яка пізніша версія, опублікована Фондацією вільного програмного забезпечення; без незмінних розділів, текстів на передній обкладинці та текстів на задній обкладинці. Копія ліцензії міститься в розділі під назвою «Ліцензія на вільну документацію GNU».

7.2 Ліцензія GNU Free Documentation

Ліцензія GNU Free Documentation, версія 1.1, березень 2000 р.

Авторські права © 2000 Free Software Foundation, Inc. 51 Franklin Street, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA. Кожному дозволено копіювати та розповсюджувати дослівні копії цього ліцензійного документа, але змінювати його не дозволяється.

0. ПРЕАМБУЛА

Метою цієї Ліцензії є створення «вільного» в сенсі свободи посібника, підручника або іншого письмового документа: забезпечення кожному ефективної свободи копіювати та поширювати його, з модифікаціями або без них, як у комерційних, так і в некомерційних цілях. По-друге, ця Ліцензія зберігає для автора та видавця можливість отримати визнання за свою роботу, не несучи при цьому відповідальності за модифікації, внесені іншими особами.

Ця ліцензія є різновидом «копілефту», що означає, що похідні роботи від цього документа також повинні бути вільними в тому ж сенсі. Вона доповнює Загальну публічну ліцензію GNU, яка є ліцензією копілефту, розробленою для вільного програмного забезпечення.

Ми розробили цю Ліцензію для використання в посібниках до вільного програмного забезпечення, оскільки вільне програмне забезпечення потребує вільної документації: вільна програма повинна супроводжуватися посібниками, що надають ті самі свободи, що й програмне забезпечення. Але ця Ліцензія не обмежується посібниками до програмного забезпечення; її можна використовувати для будь-яких текстових творів, незалежно від теми чи того, чи вони опубліковані у вигляді друкованої книги. Ми рекомендуємо цю Ліцензію переважно для творів, метою яких є навчання чи довідкова інформація.

1. ЗАСТОСУВАННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Ця Ліцензія застосовується до будь-якого посібника або іншої роботи, що містить повідомлення від власника авторських прав про те, що вона може розповсюджуватися на умовах цієї Ліцензії. Термін «Документ», що використовується нижче, означає будь-який такий посібник або роботу. Будь-який член громадськості є ліцензіатом і позначається як «ви».

«Змінена версія» Документа означає будь-який твір, що містить Документ або його частину, скопійований дослівно або зі змінами та/або перекладений іншою мовою.

«Додаткова секція» — це названий додаток або передмова до Документа, яка стосується виключно відносин видавців або авторів Документа до загальної теми Документа (або до пов'язаних з нею питань) і не містить нічого, що могло б безпосередньо відноситися до цієї загальної теми. (Наприклад, якщо Документ є частково підручником з математики, Додаткова секція не може містити пояснень з математики.) Зв'язок може бути історичним зв'язком з темою або пов'язаними питаннями, або юридичною, комерційною, філософською, етичною чи політичною позицією щодо них.

«Незмінні розділи» - це певні Додаткові розділи, назви яких позначені як назви Незмінних розділів у повідомленні про те, що Документ випущено за цією Ліцензією.

«Тексти обкладинки» - це певні короткі уривки тексту, що позначені як Тексти передньої або задньої обкладинки у повідомленні про те, що Документ випущено за цією Ліцензією.

«Прозора» копія документа означає машиночитану копію, представлену у форматі, специфікація якого є загальнодоступною, вміст якої можна переглядати та редагувати безпосередньо та просто за допомогою загальних текстових редакторів або (для зображень, що складаються з пікселів) загальних програм для малювання або (для малюнків) деяких широко доступних редакторів малюнків, і яка підходить для введення в текстові форматувальники або для автоматичного перекладу в різні формати, придатні для введення в текстові форматувальники. Копія, створена в іншому прозорому форматі файлу, розмітка якого була розроблена для запобігання або перешкоджання подальшим змінам з боку читачів, не є прозорою. Копія, яка не є «прозорою», називається «непрозорою».

Прикладами відповідних форматів для прозорих копій є простий ASCII без розмітки, формат введення Texinfo, формат введення LaTeX, SGML або XML з використанням загальнодоступного DTD, а також простий HTML, що відповідає стандартам і призначений для модифікації людиною. До непрозорих форматів належать PostScript, PDF, власницькі формати, які можна читати та редагувати лише за допомогою власницьких текстових процесорів, SGML або XML, для яких DTD та/або інструменти обробки зазвичай недоступні, а також HTML, згенерований машиною, який створюється деякими текстовими процесорами виключно для виведення на екран.

«Титульна сторінка» означає, для друкованої книги, саму титульну сторінку, а також наступні сторінки, необхідні для розміщення у читабельному вигляді інформації, яка повинна бути вказана на титульній сторінці відповідно до вимог цієї Ліцензії. Для творів у форматах, які не мають титульної сторінки як такої, «Титульна сторінка» означає текст, розташований поруч із найпомітнішими зображеннями назви твору, що передують початку основного тексту.

2. ДОСЛОВНЕ КОПІЮВАННЯ

Ви можете копіювати та розповсюджувати Документ на будь-якому носії, як у комерційних, так і в некомерційних цілях, за умови, що ця Ліцензія, повідомлення про авторські права та повідомлення про ліцензію, яке вказує, що ця Ліцензія застосовується до Документа, відтворюються у всіх копіях, і що ви не додаєте жодних інших умов до умов цієї Ліцензії. Ви не можете використовувати технічні засоби для перешкоджання або контролю читання або подальшого копіювання копій, які ви створюєте або розповсюджуєте. Однак ви можете приймати компенсацію в обмін на копії. Якщо ви розповсюджуєте достатньо велику кількість копій, ви також повинні дотримуватися умов, викладених у розділі 3.

Ви також можете позичати копії за тих самих умов, що зазначені вище, і можете публічно демонструвати копії.

3. КОПІЮВАННЯ У КІЛЬКОСТІ

Якщо ви публікуєте друковані копії Документа, кількість яких перевищує 100, і ліцензійна угода Документа вимагає наявності текстів на обкладинці, ви повинні додати до копій обкладинки, на яких чітко і розбірливо надруковані всі ці тексти: тексти на передній обкладинці та тексти на задній обкладинці. Обидві обкладинки також повинні чітко і розбірливо ідентифікувати вас як видавця цих копій. На передній обкладинці має бути вказано повну назву, всі слова якої мають бути однаково помітними та видимими. Ви можете додати на обкладинки додаткові матеріали. Копіювання зі змінами, що обмежуються обкладинками, за умови, що вони зберігають назву Документа та відповідають цим умовам, може розглядатися як дослівне копіювання в інших аспектах.

Якщо необхідні тексти для будь-якої з обкладинок занадто об'ємні для розбірливості, вам слід розмістити перші зі списку (стільки, скільки достатньо місця) на фактичній обкладинці, а решту продовжити на сусідній сторінці.

Якщо ви публікуєте або розповсюджуєте непрозорі копії Документа, кількість яких перевищує 100, ви повинні або додати до кожної непрозорої копії машиночитану прозору копію, або вказати в кожній непрозорій копії або разом з нею загальнодоступне місце в комп'ютерній мережі, де міститься повна прозора копія Документа без додаткових матеріалів, яку загальна мережева громадськість може анонімно завантажити безкоштовно, використовуючи загальноприйняті мережеві протоколи. Якщо ви використовуєте останній варіант, ви повинні вжити розумних обережних заходів, коли починаєте розповсюдження непрозорих копій у великій кількості, щоб забезпечити, що ця прозора копія залишатиметься доступною у вказаному місці принаймні протягом одного року після останнього розповсюдження вами непрозорої копії (безпосередньо або через ваших агентів чи роздрібних продавців) цього видання серед громадськості.

Бажано, але не обов'язково, зв'язатися з авторами Документа задовго до розповсюдження великої кількості копій, щоб дати їм можливість надати вам оновлену версію Документа.

4. МОДИФІКАЦІЇ

Ви можете копіювати та розповсюджувати Модифіковану версію Документа на умовах, викладених у розділах 2 та 3 вище, за умови, що ви випускаєте Модифіковану версію саме за цією Ліцензією, причому Модифікована версія виконує роль Документа, таким чином ліцензуючи розповсюдження та модифікацію Модифікованої версії будь-кому, хто володіє її копією. Крім того, ви повинні виконати наступні дії щодо Модифікованої версії:

- А. Використовуйте на титульній сторінці (та на обкладинках, якщо такі є) назву, відмінну від назви Документа та від назв попередніх версій (які, якщо такі були, повинні бути перелічені в розділі «Історія» Документа). Ви можете використовувати той самий заголовок, що і попередня версія, якщо оригінальний видавець цієї версії надає дозвіл. В. Вкажіть на титульній сторінці як авторів одну або декількох осіб або організації, відповідальних за авторство модифікацій у Модифікованій версії, разом із щонайменше п'ятьма основними авторами Документа (всіма його основними авторами, якщо їх менше п'яти). С. Вкажіть на титульній сторінці ім'я видавця Модифікованої версії як видавця. D. Збережіть усі повідомлення про авторські права на Документ. Е. Додайте відповідне повідомлення про авторські права на ваші модифікації поруч з іншими повідомленнями про авторські права. F. Відразу після повідомлень про авторські права додайте повідомлення про ліцензію, яке надає громадськості дозвіл на використання Модифікованої версії на умовах цієї Ліцензії, у формі, наведеній у Додатку нижче. G. Збережіть у цьому повідомленні про ліцензію повний перелік незмінних розділів та обов'язкових супровідних текстів, наведених у повідомленні про ліцензію Документа. H. Додайте незмінену копію цієї Ліцензії. I. Збережіть розділ під назвою «Історія» та його заголовок і додайте до нього пункт, що містить принаймні назву, рік, нових авторів та видавця Модифікованої версії, як зазначено на титульній сторінці. Якщо в Документі немає розділу під назвою «Історія», створіть його, вказавши назву, рік, авторів та видавця Документа, як зазначено на його титульній сторінці, а потім додайте пункт, що описує Модифіковану версію, як зазначено в попередньому реченні. J. Збережіть мережеве розташування, якщо таке є, вказане в Документі для публічного доступу до прозорої копії Документа, а також мережеві розташування, вказані в Документі для попередніх версій, на яких він базується. Їх можна розмістити в розділі «Історія». Ви можете опустити мережеве розташування для

роботи, яка була опублікована принаймні за чотири роки до самого Документа, або якщо оригінальний видавець версії, на яку вона посилається, дає дозвіл. К. У будь-якому розділі під назвою «Подяки» або «Присвяти» збережіть назву розділу та збережіть у розділі всю суть і тон кожної з подяк та/або присвяти, наведених у ньому. Л. Збережіть усі незмінні розділи Документа без змін у їхньому тексті та назвах. Номери розділів або їх еквіваленти не вважаються частиною назв розділів. М. Видалити будь-який розділ під назвою «Рекомендації». Такий розділ не може бути включений до Модифікованої версії. N. Не перейменовувати будь-який існуючий розділ на «Рекомендації» або на назву, що суперечить назві будь-якого Незмінного розділу.

Якщо модифікована версія містить нові розділи передмови або додатки, які кваліфікуються як вторинні розділи і не містять матеріалів, скопійованих з документа, ви можете за власним бажанням позначити деякі або всі ці розділи як незмінні. Для цього додайте їх назви до списку незмінних розділів у ліцензійній записці модифікованої версії. Ці назви повинні відрізнятися від назв будь-яких інших розділів.

Ви можете додати розділ під назвою «Рекомендації», за умови, що він містить виключно рекомендації щодо вашої Модифікованої версії від різних сторін, наприклад, заяви про рецензування колегами або про те, що текст був затверджений організацією як авторитетне визначення стандарту.

Ви можете додати фрагмент тексту довжиною до п'яти слів як текст на передній обкладинці та фрагмент тексту довжиною до 25 слів як текст на задній обкладинці в кінці списку текстів обкладинки в модифікованій версії. Кожна організація може додати (або домовитися про додавання) лише один фрагмент тексту для передньої обкладинки та один фрагмент тексту для задньої обкладинки. Якщо документ вже містить текст для тієї самої обкладинки, раніше доданий вами або за домовленістю з організацією, яку ви представляєте, ви не можете додавати інший, але можете замінити старий за умови отримання явного дозволу від попереднього видавця, який додав старий текст.

Автор(и) та видавець(и) Документа цією Ліцензією не дають дозволу використовувати їхні імена для реклами або для ствердження чи натяку на схвалення будь-якої Зміненої Версії.

5. ОБ'ЄДНАННЯ ДОКУМЕНТІВ

Ви можете поєднувати Документ з іншими документами, опублікованими за цією Ліцензією, на умовах, визначених у розділі 4 вище для модифікованих версій, за умови, що ви включите до поєднання всі Незмінні розділи всіх оригінальних документів, без змін, і перелічите їх усі як Незмінні розділи вашої поєднаної роботи в її ліцензійному повідомленні.

Об'єднана робота повинна містити лише одну копію цієї Ліцензії, а кілька однакових Незмінних розділів можуть бути замінені однією копією. Якщо є кілька Незмінних розділів з однаковою назвою, але різним змістом, зробіть назву кожного такого розділу унікальною, додавши в кінці, в дужках, ім'я оригінального автора або видавця цього розділу, якщо воно відоме, або ж унікальний номер. Зробіть такі самі зміни до назв розділів у списку незмінних розділів у повідомленні про ліцензію об'єднаної роботи.

У комбінації ви повинні об'єднати всі розділи під назвою «Історія» з різних оригінальних документів, утворивши один розділ під назвою «Історія»; аналогічно об'єднайте всі розділи під назвою «Подяки» та всі розділи під назвою «Присвяти». Ви повинні видалити всі розділи під назвою «Рекомендації.»

6. ЗБІРКИ ДОКУМЕНТІВ

Ви можете створити збірку, що складається з Документа та інших документів, опублікованих за цією Ліцензією, і замінити окремі копії цієї Ліцензії в різних документах єдиною копією, що входить до збірки, за умови, що ви дотримуєтесь правил цієї Ліцензії щодо дослівного копіювання кожного з документів у всіх інших аспектах.

Ви можете витягти окремий документ з такої колекції та розповсюджувати його окремо відповідно до цієї Ліцензії, за умови, що ви вставите копію цієї Ліцензії до витягнутого документа та дотримуватимете цієї Ліцензії в усіх інших аспектах, що стосуються дослівного копіювання цього документа.

7. АГРЕГАЦІЯ З НЕЗАЛЕЖНИМИ РОБОТАМИ

Компіляція Документа або його похідних з іншими окремими та незалежними документами або творами, у або на носії інформації або розподільному носії, в цілому не вважається Модифікованою версією Документа, за умови, що на компіляцію не заявлено авторських прав. Така компіляція називається «агрегатом», і ця Ліцензія не поширюється на інші самостійні твори, скомпільовані разом з Документом, з огляду на те, що вони скомпільовані таким чином, якщо вони самі по собі не є похідними творами Документа.

Якщо вимога щодо тексту на обкладинці, викладена в розділі 3, застосовується до цих копій Документа, то якщо Документ становить менше чверті від усього сукупного обсягу, тексти на обкладинці Документа можуть бути розміщені на обкладинках, що оточують лише Документ у сукупному обсязі. В іншому випадку вони повинні бути розміщені на обкладинках, що оточують весь сукупний обсяг.

8. ПЕРЕКЛАД

Переклад вважається різновидом модифікації, тому ви можете розповсюджувати переклади Документу на умовах, викладених у розділі 4. Заміна незмінних розділів перекладами вимагає спеціального дозволу від їхніх власників авторських прав, але ви можете додавати переклади деяких або всіх незмінних розділів на додаток до оригінальних версій цих незмінних розділів. Ви можете включати переклад цієї Ліцензії за умови, що ви також включаєте оригінальну англійську версію цієї Ліцензії. У разі розбіжностей між перекладом та оригінальною англійською версією цієї Ліцензії, перевагу має оригінальна англійська версія.

9. ПРИПИНЕННЯ

Ви не маєте права копіювати, модифікувати, субліцензувати або розповсюджувати Документ, за винятком випадків, прямо передбачених цією Ліцензією. Будь-яка інша спроба копіювати, модифікувати, субліцензувати або розповсюджувати Документ є недійсною і автоматично припиняє ваші права за цією Ліцензією. Однак сторони, які отримали від вас копії або права за цією Ліцензією, не втрачають своїх ліцензій, якщо вони повністю дотримуються її умов.

10. МАЙБУТНІ ПЕРЕГЛЯДИ ЦЬОЇ ЛІЦЕНЗІЇ

Фонд вільного програмного забезпечення може час від часу публікувати нові, переглянуті версії Ліцензії вільної документації GNU. Такі нові версії будуть схожими за духом до поточної версії, але можуть відрізнятися в деталях для вирішення нових проблем або питань. Дивіться <https://www.gnu.org/copyleft/>.

Кожній версії Ліцензії присвоюється ідентифікаційний номер версії. Якщо в Документі зазначено, що до нього застосовується певна пронумерована версія цієї Ліцензії «або будь-яка пізніша версія», ви маєте можливість дотримуватися умов і положень або зазначеної версії, або будь-якої пізнішої версії, опублікованої (не як проект) Фондом вільного програмного забезпечення. Якщо в Документі не вказано номер версії цієї Ліцензії, ви можете вибрати будь-яку версію, коли-небудь опубліковану (не як проект) Фондом вільного програмного забезпечення.

ДОДАТОК: Як використовувати цю Ліцензію для ваших документів

Щоб використовувати цю Ліцензію в документі, який ви написали, додайте копію Ліцензії до документа та розмістіть наступні повідомлення про авторські права та ліцензію одразу після титульної сторінки:

Авторські права (с) РІК ВАШЕ ІМ'Я. Дозволяється копіювати, розповсюджувати та/або модифікувати цей документ відповідно до умов Ліцензії на вільну документацію GNU, версія 1.1 або будь-яка пізніша версія, опублікована Фондацією вільного програмного забезпечення; з незмінними розділами, переліком яких є ПЕРЕЛІК ЇХНІХ НАЗВ, з текстами на передній обкладинці, переліком яких є ПЕРЕЛІК, та з текстами на задній обкладинці, переліком яких є ПЕРЕЛІК. Копія ліцензії міститься в розділі під назвою «Ліцензія GNU на вільну документацію».

Якщо у вас немає незмінних розділів, напишіть «без незмінних розділів» замість того, щоб вказувати, які саме розділи є незмінними. Якщо у вас немає текстів на передній обкладинці, напишіть «без текстів на передній обкладинці» замість «тексти на передній обкладинці: СПИСОК»; те саме стосується текстів на задній обкладинці..

Якщо ваш документ містить нетривіальні приклади програмного коду, ми рекомендуємо опублікувати ці приклади паралельно під обраною вами ліцензією на вільне програмне забезпечення, такою як Загальна публічна ліцензія GNU, щоб дозволити їх використання у вільному програмному забезпеченні.
