

Conceitos básicos do Snapper

O QUE É?

Este artigo descreve os conceitos básicos da ferramenta Snapper, que é usada para criar e gerenciar instantâneos do sistema de arquivos Btrfs.

POR QUÊ?

Este artigo apresenta uma visão geral básica do Snapper, as interfaces suportadas e os principais objetivos. Ele também inclui informações sobre as configurações padrão para instantâneos no SUSE Linux Enterprise Server.

DEDICAÇÃO

Leva até 20 minutos para compreender o Snapper e a configuração padrão.

REQUISITOS

- Privilégios de root ou sudo
- O Snapper precisa ser instalado. Por padrão, ele está disponível no SUSE Linux Enterprise Server.
- Uma partição raiz (/) com pelo menos 16 GB. O tamanho da partição raiz depende do produto. É altamente recomendável, no mínimo, 50 GB.

Nota

Este artigo é a primeira parte da série de artigos sobre o Snapper. Nos artigos seguintes, abordaremos casos de uso comuns, como desfazer mudanças, voltar o sistema, criar e gerenciar manualmente os instantâneos, limpar os instantâneos automaticamente e muito mais. Cada artigo foi elaborado com base no conhecimento adquirido nos artigos anteriores, promovendo uma compreensão cada vez mais aprimorada da ferramenta Snapper.

Data de Publicação: 11/12/2025

Conteúdo

- 1 Conceitos essenciais dos subvolumes e instantâneos Btrfs 3
- 2 O que é Snapper? 3
- 3 Configuração padrão do Snapper 7
- 4 Para obter mais informações 12
- 5 Informações legais 12
- A GNU Free Documentation License 13

1 Conceitos essenciais dos subvolumes e instantâneos Btrfs

Os subvolumes Btrfs são sistemas de arquivos que podem ser montados separadamente em uma partição física. Por padrão, o sistema de arquivos Btrfs é configurado com subvolumes. Os instantâneos no Btrfs são um tipo de subvolume que compartilha dados com outro subvolume. Eles são criados usando os recursos de cópia em gravação do Btrfs, o que permite que sejam criados rapidamente com uso mínimo de espaço em disco. É possível usar os instantâneos para capturar o estado de um sistema de arquivos em um ponto específico no tempo e para voltar a um estado anterior, se necessário.

Um subvolume Btrfs tem a própria hierarquia independente de arquivos e de diretórios. Ao contrário dos volumes lógicos LVM, que operam no nível do bloco, os subvolumes Btrfs são baseados na extensão de arquivo. Um instantâneo também é considerado um subvolume, pois carrega o conteúdo inicial do subvolume original. Os subvolumes aparecem como diretórios e podem ser manipulados como qualquer outro diretório, inclusive ser renomeados ou movidos.

Um dos principais objetivos dos subvolumes é ser explicitamente incluído ou excluído dos instantâneos. Ao usar um instantâneo para voltar o sistema, precisamos garantir que os dados, como diretórios pessoais de usuários, conteúdo de servidor Web e FTP ou arquivos de registro, não sejam perdidos ou sobregravados durante um rollback. Para isso, exclua determinados subvolumes Btrfs dos instantâneos. Encontre mais informações e a lista de subvolumes excluídos na [Seção 3.3, “Subvolumes excluídos dos instantâneos”](#).

2 O que é Snapper?

Snapper é uma ferramenta que ajuda a criar e gerenciar instantâneos do sistema de arquivos. Os instantâneos de sistema de arquivos permitem manter uma cópia do estado de um sistema de arquivos em um determinado momento. O Snapper pode criar e comparar instantâneos, reverter entre instantâneos e suportar linhas do tempo de instantâneos automáticos. O Snapper nunca modifica o conteúdo dos instantâneos.

A configuração padrão do Snapper foi projetada para permitir voltar modificações feitas no sistema. No entanto, você pode usá-la também para criar backups em disco dos dados dos usuários. Como base para essa funcionalidade, o Snapper usa dois tipos de sistemas de arquivos:

- Btrfs, um sistema de arquivos de cópia em gravação para Linux que suporta de forma nativa os instantâneos de sistema de arquivos de subvolumes.
- Volumes LVM com provisionamento dinâmico formatados com XFS e ext4.



Nota

Também é possível inicializar por meio de instantâneos do Btrfs.

2.1 O que o Snapper pode fazer?

O Snapper tem uma interface de linha de comando que permite criar, apagar e comparar instantâneos, além de desfazer as mudanças feitas entre os instantâneos.

Usando o Snapper, é possível executar as seguintes tarefas:

- Desfazer mudanças no sistema feitas pelo zypper.
- Restaurar arquivos de instantâneos anteriores.
- Fazer rollback do sistema inicializando de um instantâneo.
- Criar e gerenciar instantâneos manualmente, no sistema em execução.
- Executar a limpeza automática de instantâneos.

2.2 Tipos de instantâneos

Há dois aspectos que podem ser usados como base para classificar instantâneos: os eventos que os acionam e o horário de criação deles.

TIPOS DE INSTANTÂNEO COM BASE EM EVENTOS DE ACIONAMENTO

Embora os próprios instantâneos não se diferenciem no sentido técnico, nós os distinguimos entre três tipos, com base nos eventos que os acionaram.

Instantâneos de instalação

Sempre que um ou mais pacotes são instalados, os instantâneos são criados desta maneira:

- O instantâneo `0 single` sempre existe no Snapper. Ele sempre se refere ao estado atual do sistema, conforme indicado na coluna `Description`. Esse instantâneo captura o estado do sistema logo após a conclusão do processo de instalação.
- O instantâneo `1 single` da partição raiz (`/`) é capturado automaticamente com o nome `first root filesystem`. Esse instantâneo é capturado após o primeiro conjunto de atualizações ou configurações do sistema.
- O instantâneo `2 single` é capturado automaticamente com o nome `after installation`. Esse instantâneo é criado no final do processo de instalação e marcado como `important`. Ele representa o estado do sistema após a conclusão de toda a configuração inicial.

Instantâneos antigos são apagados automaticamente. Por padrão, os dez últimos instantâneos importantes e os dez últimos instantâneos “regulares” (incluindo os de administração) são mantidos. Instantâneos de instalação são habilitados por padrão. Para desabilitar manualmente os instantâneos de instalação, desinstale o pacote `snapper-zypp-plugin`.

Instantâneos de administração

Sempre que você muda o sistema, um par de instantâneos é criado: um antes da mudança no sistema (“pré”) e outro após a mudança no sistema (“pós”). Instantâneos antigos são apagados automaticamente. Por padrão, os dez últimos instantâneos importantes e os dez últimos instantâneos “regulares” (incluindo os de instalação) são mantidos. Por padrão, os instantâneos de administração estão habilitados.

Instantâneos de linha do tempo

Um único instantâneo é criado a cada hora. Os instantâneos de linha do tempo estão habilitados por padrão, exceto no sistema de arquivos raiz. Os intervalos padrão para instantâneos de linha do tempo são por hora, dia, semana, mês e ano. Para modificar esses intervalos, os usuários devem modificar diretamente os temporizadores `systemd` do Snapper, pois isso não pode ser configurado no próprio Snapper. Instantâneos antigos são apagados automaticamente. Por padrão, o primeiro instantâneo dos últimos dez dias, meses e anos é mantido.



Importante: Exceção para tipos de instantâneos de instalação e administração

Os tipos de instantâneos de instalação e de administração não se aplicam aos sistemas transacionais.



Nota

É possível habilitar ou desabilitar os instantâneos de linha do tempo e de administração de maneira independente.

TIPOS DE INSTANTÂNEO COM BASE NO HORÁRIO DA CRIAÇÃO

Entre os instantâneos de administração e de instalação, o Snapper reconhece três tipos diferentes: pré, pós e único. Eles são iguais fisicamente, mas o Snapper trabalha com eles de forma diferente.

pre

Instantâneo de um sistema de arquivos *antes* da modificação. Cada instantâneo pre corresponde a um instantâneo post. Por exemplo, ele é usado para instantâneos automáticos.

post

Instantâneo de um sistema de arquivos *após* a modificação. Cada instantâneo post corresponde a um instantâneo pre. Por exemplo, ele é usado para instantâneos automáticos.

single

Instantâneo independente. Por exemplo, ele é usado para instantâneos automáticos por hora. Esse é o tipo padrão quando se cria instantâneos.

Esta é a lista de instantâneos logo após a nova instalação de um sistema com uma partição raiz > 16 GB:

#	Type	Pre #	Date	User	Used Space	Cleanup	Description
		Userdata					
0	single			root			current
1	single		Thu Mar 24 12:14:34 2022	root	32.44 MiB		first root filesystem

```

2 | single | | Thu Mar 24 12:25:55 2022 | root | 280.40 MiB | number | after
  | installation | important=yes
45 | pre | | Mon Apr 25 17:58:45 2022 | root | 27.52 MiB | number |
  | zypp(zypper) | important=yes
46 | post | 45 | Mon Apr 25 18:00:07 2022 | root | 39.04 MiB | number |
  | important=yes

```

2.3 Criação de instantâneos

Quando um instantâneo é criado, tanto o instantâneo quanto o original apontam para os mesmos blocos no sistema de arquivos. Por isso, o instantâneo inicialmente não ocupa espaço adicional no disco. Se os dados do sistema de arquivos original forem modificados, os blocos dos dados modificados serão copiados, enquanto os blocos dos dados antigos serão mantidos no instantâneo. Portanto, o instantâneo ocupa a mesma quantidade de espaço que os dados modificados. Portanto, no decorrer do tempo, a quantidade de espaço alocada por um instantâneo cresce constantemente. Como consequência, a exclusão de arquivos do sistema de arquivos Btrfs que contém instantâneos pode *não* liberar espaço em disco!



Nota: Local do instantâneo

Os instantâneos residem sempre na mesma partição ou subvolume no qual foram criados. Não é possível armazenar os instantâneos em um sistema de arquivos diferente.

Como resultado, as partições com instantâneos precisam ser maiores do que as partições sem instantâneos. A quantidade exata depende bastante do número de instantâneos mantidos e do volume de modificações de dados. Como uma regra geral, atribua às partições o dobro de espaço do que o de costume. Para evitar que os discos fiquem sem espaço, os instantâneos antigos são limpos automaticamente.

3 Configuração padrão do Snapper

Saiba mais sobre as configurações padrão do Snapper.

O Snapper é configurado como uma ferramenta para desfazer e recuperar mudanças no sistema. Por padrão, a partição raiz (/) do SUSE Linux Enterprise Server é formatada com `Btrfs`. A captura de instantâneos será automaticamente habilitada se a partição raiz (/) for grande o suficiente (mais do que aproximadamente 16 GB). Por padrão, os instantâneos estão desabilitados em partições que não são /.

Importante

Não é recomendável ativar os instantâneos manualmente após a instalação do sistema com os instantâneos. Se o Snapper for habilitado após a instalação, a configuração será diferente da que está descrita aqui.

Dica: Verificando o tamanho da partição raiz

O tamanho da partição raiz é específico do produto. Para saber o espaço em disco ocupado pela partição raiz, execute:

```
> df -h
```

3.1 Configurações padrão do Snapper

Por padrão, o Snapper no SUSE Linux Enterprise Server é configurado automaticamente durante a instalação do sistema se os seguintes requisitos são atendidos:

- Tamanho da partição raiz: > 16 GB
- Sistema de arquivos da partição raiz: `Btrfs`

Os instantâneos são criados apenas para a partição raiz, e determinados diretórios são excluídos por meio de subvolumes. Para conferir a lista de subvolumes excluídos, consulte a [Seção 3.3, “Subvolumes excluídos dos instantâneos”](#). Para obter informações detalhadas sobre os tipos de instantâneos, o horário e as ocasiões de sua criação, consulte a [Seção 2.2, “Tipos de instantâneos”](#).

O Snapper oferece algoritmos de limpeza automática de instantâneos para evitar a falta de espaço na partição raiz. Esses algoritmos diferenciam entre instantâneos de linha do tempo e *numerados* (pares de instantâneos de administração e instalação). É possível configurar o comportamento de limpeza com base nos seguintes critérios:

- Limite de número: É possível definir o sistema para apagar automaticamente os instantâneos antigos quando uma determinada contagem de instantâneos é atingida.
- Limite de idade: É possível apagar os instantâneos antigos quando excedem uma determinada idade, mas ainda preservando um número de instantâneos para cada período (por hora, dia, mês ou ano).
- Pares de instantâneos Pre e post: os pares de instantâneos pre e post que não forem diferentes podem ser apagados automaticamente.

Para instantâneos numerados, que incluem pares de instantâneos de administração e instalação, a limpeza é controlada por parâmetros como `NUMBER_CLEANUP`, `NUMBER_LIMIT`, `NUMBER_LIMIT_IMPORTANT` e `NUMBER_MIN_AGE`. Os valores padrão são 2-10 para `NUMBER_LIMIT` e 4-10 para `NUMBER_LIMIT_IMPORTANT`, o que significa que apenas os instantâneos mais recentes são mantidos.

Para instantâneos de linha do tempo, a limpeza é baseada no número de instantâneos que serão mantidos para cada tipo (por hora, dia, semana, mês ou ano). Por exemplo, os instantâneos das últimas 24 horas, o primeiro instantâneo por dia dos últimos sete dias, o primeiro instantâneo capturado no último dia do mês nos últimos doze meses e assim por diante. Os parâmetros incluem `TIMELINE_CLEANUP`, `TIMELINE_MIN_AGE` e os de intervalo, como `TIMELINE_LIMIT_DAILY`, `TIMELINE_LIMIT_HOURLY` etc.

Você pode voltar para um instantâneo existente a qualquer momento fazendo a inicialização do respectivo instantâneo e, depois, tornando-o ativo.



Nota: Desabilitando o Snapper de forma automática e manual

Se a partição raiz for menor do que 16 GB, a criação automática de instantâneos será desabilitada por padrão, conforme descrito acima. Nesse caso, você pode criar instantâneos manualmente. Observe o espaço em disco disponível.

Para desabilitar os instantâneos automáticos mesmo que a partição raiz tenha um tamanho suficiente, desabilite-os manualmente durante a instalação na etapa de configuração da partição.

3.2 Snapper na raiz

Quando o Snapper é configurado para operar na raiz, cada subvolume Btrfs é excluído por padrão.

O comportamento padrão do Snapper é definido em um arquivo de configuração específico a cada partição ou subvolume Btrfs. Esses arquivos de configuração residem em [/etc/snapper/configs/](#).



Atenção: Habilitando o Snapper no sistema instalado

Se você desabilitou o Snapper durante a instalação, pode habilitá-lo no futuro. No entanto, habilitar o Snapper após a instalação resulta em diferenças no layout e nas variáveis do subvolume, entre outras coisas. É altamente recomendável decidir se você precisa de instantâneos no sistema *antes* de iniciar a instalação.

3.3 Subvolumes excluídos dos instantâneos

O principal caso de uso para instantâneos é voltar o sistema para um estado anterior. Portanto, há determinados subvolumes (diretórios) nos quais a criação de instantâneos está desabilitada. A lista a seguir contém os diretórios que foram excluídos dos instantâneos. Dependendo do produto e da arquitetura, talvez nem todos estejam disponíveis em seu sistema.

[/boot/grub2/i386-pc](#), [/boot/grub2/x86_64-efi](#), [/boot/grub2/powerpc-ieee1275](#), [/boot/grub2/s390x-emu](#)

O rollback da configuração do carregador de boot não é suportado. Os diretórios listados acima são específicos da arquitetura. Os dois primeiros diretórios estão presentes nas máquinas AMD64/Intel 64, os dois últimos no IBM POWER e no IBM Z, respectivamente.

[/home](#)

Se [/home](#) não residir em uma partição separada, ele será excluído para evitar a perda dos dados criados pelo usuário nos rollbacks.

[/opt](#), [/usr/local](#)

Esses diretórios são usados durante a instalação manual de produtos de terceiros. Eles são excluídos para evitar a desinstalação das instalações nos rollbacks.

/srv

Contém dados de servidores Web e FTP. Ele é excluído para evitar perda de dados nos rollbacks.

/tmp

Todos os diretórios com arquivos temporários e caches são excluídos dos instantâneos.

/var

Esse diretório contém muitos arquivos de variáveis, incluindo registros, caches temporários, produtos de terceiros em /var/opt e o local padrão para imagens de máquina virtual e bancos de dados. Portanto, o subvolume é criado para excluir todos esses dados variáveis dos instantâneos e tem o recurso de cópia em gravação desabilitado.

/run

Esse diretório contém os dados de runtime do aplicativo e é excluído dos instantâneos para reduzir o tamanho do instantâneo e evitar a inclusão de informações potencialmente confidenciais.



Dica

A lista de subvolumes é específica do produto. Para ver quais subvolumes são criados em / e, portanto, quais diretórios são excluídos do comportamento padrão dos instantâneos, execute:

```
> sudo btrfs subvolume list /
```



Nota: Por que existe um limite de espaço?

Ao criar um instantâneo, nenhuma cópia de dados físicos é criada. Um instantâneo consiste apenas em ponteiros para os respectivos blocos de dados. Desde que o instantâneo permaneça consistente com o sistema atual, ele não ocupará quase nenhum espaço em disco adicional (além dos metadados contidos nele). No entanto, se um arquivo for modificado no sistema, os dados originais serão registrados no instantâneo. Com o tempo, conforme as mudanças se acumulam e o instantâneo diverge do sistema ativo, o tamanho do instantâneo aumenta adequadamente.

Para evitar que os discos fiquem cheios (e o sistema se torne inoperante), recomendamos um tamanho mínimo do sistema de arquivos raiz. O tamanho necessário depende do uso do sistema:

- A frequência de criação de instantâneos
- Por quanto tempo os instantâneos são mantidos
- A taxa de mudanças no sistema

Em geral, quanto mais instantâneos você tem, mais tempo eles são mantidos e, se o sistema muda com mais frequência, a partição raiz precisa ser maior.

4 Para obter mais informações

Para obter mais informações sobre o sistema de arquivos Btrfs, consulte <https://documentation.suse.com/sles/15-SP5/html/SLES-all/cha-filestystems.html#sec-filestystems-major-btrfs> e <https://wiki.archlinux.org/title/btrfs>.

Para obter mais informações sobre os volumes LVM, consulte <https://documentation.suse.com/sles/15-SP5/html/SLES-all/part-lvm.html>.

5 Informações legais

Copyright© 2006 – 2025 SUSE LLC e colaboradores. Todos os direitos reservados.

Permissão concedida para copiar, distribuir e/ou modificar este documento sob os termos da Licença GNU de Documentação Livre, Versão 1.2 ou (por sua opção) versão 1.3; com a Seção Invariante sendo estas informações de copyright e a licença. Uma cópia da versão 1.2 da licença está incluída na seção intitulada “GNU Free Documentation License” (Licença GNU de Documentação Livre).

Para saber as marcas registradas da SUSE, visite <https://www.suse.com/company/legal/>. Todas as marcas comerciais de terceiros pertencem a seus respectivos proprietários. Os símbolos de marca registrada (®, ™ etc.) indicam marcas registradas da SUSE e de suas afiliadas. Os asteriscos (*) indicam marcas registradas de terceiros.

Todas as informações deste manual foram compiladas com a maior atenção possível aos detalhes. Entretanto, isso não garante uma precisão absoluta. A SUSE LLC, suas afiliadas, os autores ou tradutores não serão responsáveis por possíveis erros nem pelas consequências resultantes de tais erros.

A GNU Free Documentation License

Copyright (C) 2000, 2001, 2002 Free Software Foundation, Inc. 51 Franklin St, Fifth Floor, Boston, MA 02110-1301 USA. Everyone is permitted to copy and distribute verbatim copies of this license document, but changing it is not allowed.

0. PREAMBLE

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

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

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

1. APPLICABILITY AND DEFINITIONS

This License applies to any manual or other work, in any medium, that contains a notice placed by the copyright holder saying it can be distributed under the terms of this License. Such a notice grants a world-wide, royalty-free license, unlimited in duration, to use that work under the conditions stated herein. The "Document", below, refers to any such manual or work. Any member of the public is a licensee, and is addressed as "you". You accept the license if you copy, modify or distribute the work in a way requiring permission under copyright law.

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

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

The "Invariant Sections" are certain Secondary Sections whose titles are designated, as being those of Invariant Sections, in the notice that says that the Document is released under this License. If a section does not fit the above definition of Secondary then it is not allowed to be designated as Invariant. The Document may contain zero Invariant Sections. If the Document does not identify any Invariant Sections then there are none.

The "Cover Texts" are certain short passages of text that are listed, as Front-Cover Texts or Back-Cover Texts, in the notice that says that the Document is released under this License. A Front-Cover Text may be at most 5 words, and a Back-Cover Text may be at most 25 words.

A "Transparent" copy of the Document means a machine-readable copy, represented in a format whose specification is available to the general public, that is suitable for revising the document straightforwardly with generic text editors or (for images composed of pixels) generic paint programs or (for drawings) some widely available drawing editor, and that is suitable for input to text formatters or for automatic translation to a variety of formats suitable for input to text formatters. A copy made in an otherwise Transparent file format whose markup, or absence of markup, has been arranged to thwart or discourage subsequent modification by readers is not Transparent. An image format is not Transparent if used for any substantial amount of text. A copy that is not "Transparent" is called "Opaque".

Examples of suitable formats for Transparent copies include plain ASCII without markup, Texinfo input format, LaTeX input format, SGML or XML using a publicly available DTD, and standard-conforming simple HTML, PostScript or PDF designed for human modification. Examples of transparent image formats include PNG, XCF and JPG. Opaque formats include proprietary formats that can be read and edited only by proprietary word processors, SGML or XML for which the DTD and/or processing tools are not generally available, and the machine-generated HTML, PostScript or PDF produced by some word processors for output purposes only.

The "Title Page" means, for a printed book, the title page itself, plus such following pages as are needed to hold, legibly, the material this License requires to appear in the title page. For works in formats which do not have any title page as such, "Title Page" means the text near the most prominent appearance of the work's title, preceding the beginning of the body of the text.

A section "Entitled XYZ" means a named subunit of the Document whose title either is precisely XYZ or contains XYZ in parentheses following text that translates XYZ in another language. (Here XYZ stands for a specific section name mentioned below, such as "Acknowledgements", "Dedications", "Endorsements", or "History".) To "Preserve the Title" of such a section when you modify the Document means that it remains a section "Entitled XYZ" according to this definition.

The Document may include Warranty Disclaimers next to the notice which states that this License applies to the Document. These Warranty Disclaimers are considered to be included by reference in this License, but only as regards disclaiming warranties: any other implication that these Warranty Disclaimers may have is void and has no effect on the meaning of this License.

2. VERBATIM COPYING

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

You may also lend copies, under the same conditions stated above, and you may publicly display copies.

3. COPYING IN QUANTITY

If you publish printed copies (or copies in media that commonly have printed covers) of the Document, numbering more than 100, and the Document's license notice requires Cover Texts, you must enclose the copies in covers that carry, clearly and legibly, all these Cover Texts: Front-Cover Texts on the front cover, and Back-Cover Texts on the back cover. Both covers must also clearly and legibly identify you as the publisher of these copies. The front cover must present the full title with all words of the title equally prominent and visible. You may add other material

on the covers in addition. Copying with changes limited to the covers, as long as they preserve the title of the Document and satisfy these conditions, can be treated as verbatim copying in other respects.

If the required texts for either cover are too voluminous to fit legibly, you should put the first ones listed (as many as fit reasonably) on the actual cover, and continue the rest onto adjacent pages.

If you publish or distribute Opaque copies of the Document numbering more than 100, you must either include a machine-readable Transparent copy along with each Opaque copy, or state in or with each Opaque copy a computer-network location from which the general network-using public has access to download using public-standard network protocols a complete Transparent copy of the Document, free of added material. 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. Use in the Title Page (and on the covers, if any) a title distinct from that of the Document, and from those of previous versions (which should, if there were any, be listed in the History section of the Document). You may use the same title as a previous version if the original publisher of that version gives permission.
- B. List on the Title Page, as authors, one or more persons or entities responsible for authorship of the modifications in the Modified Version, together with at least five of the principal authors of the Document (all of its principal authors, if it has fewer than five), unless they release you from this requirement.

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

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, and that you preserve all their Warranty Disclaimers.

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, is called an "aggregate" if the copyright resulting from the compilation is not used to limit the legal rights of the compilation's users beyond what the individual works permit. When the Document is included in an aggregate, this License does not apply to the other works in the aggregate which 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 half of the entire aggregate, the Document's Cover Texts may be placed on covers that bracket the Document within the aggregate, or the electronic equivalent of covers if the Document is in electronic form. Otherwise they must appear on printed covers that bracket 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, and all the license notices in the Document, and any Warranty Disclaimers, provided that you also include the original English version of this License and the original versions of those notices and disclaimers. In case of a disagreement between the translation and the original version of this License or a notice or disclaimer, the original version will prevail.

If a section in the Document is Entitled "Acknowledgements", "Dedications", or "History", the requirement (section 4) to Preserve its Title (section 1) will typically require changing the actual title.

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

```
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 1.2  
or any later version published by the Free Software Foundation;  
with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.  
A copy of the license is included in the section entitled "GNU  
Free Documentation License".
```

If you have Invariant Sections, Front-Cover Texts and Back-Cover Texts, replace the “with...Texts” line with this:

with the Invariant Sections being LIST THEIR TITLES, with the Front-Cover Texts being LIST, and with the Back-Cover Texts being LIST.

If you have Invariant Sections without Cover Texts, or some other combination of the three, merge those two alternatives to suit the situation.

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.