

20220422-GCC技术调研报告-王金龙

| 版本 | 日期 | 部门 | 作者 |
|-----|------------|-------|-----|
| 1.0 | 2022-04-22 | 系统研发部 | 王金龙 |

从最初以机械结构为载体的分析机到如今以数字电路为载体的计算机，从最初的纸带打孔输入到如今的程序代码输入，计算机的独立性和完整性变得越来越高，操作的方式也变得越来越简单人性化。如何将人的多样化需求告知给没有灵识的机器，这是整个计算机行业自诞生之初起就一直在努力解决的问题。计算机要想扩大应用场景，就需要有一种共同的标准，去制约和引导人的操作。显而易见，最初用的纸袋打孔输入告诉计算机要执行的操作，是通过孔的大小，数量，位置，时序等这些可以携带信息的单元来进行的，是一种人机的单一对话，发展到现如今的阶段，已可以通过利用数字电路的开关状态来表示人机间的对话。我们都知道数字计算机最重要的单元是中央处理器，就是通常所说的 CPU，它是一块固化的高度集成电路，从被生产的时刻起，就自带了电路开关状态的组合，通过给它发送 0 和 1 的比特信息，可以操作 CPU 进行工作，至于 0 与 1 的不同组合代表的信息内容，就是通俗意义上说的指令集，这里我们将 0 和 1 的组合称作机器语言。尽管可以通过机器语言直接告诉机器要执行的操作，但是我们却不能直观的理解并记录这些信息，因为 0 和 1 的状态在对人实在是并不友好，于是借用一些助记符号来表示 0 跟 1 的组合，这就是汇编语言，明显可以看到不同 CPU 对应不同的机器语言组合，不同的指令集，不同的汇编语言。

为了提高计算机使用的广度，适应不同应用场景的需要 C、C++、Fortran、Java、Go 等高级的编程语言诞生了。但是，不管编程语言的层次有多高，最终计算机所能直接执行的就只有机器语言，因此为了能够使用计算机，除了机器语言之外的所有编程语言都必须直接或者间接的转化为机器语言，完成这一转化的过程叫做编译，完成这一过程的角色叫做编译器。**编译器** (compiler) 是一种[计算机程序](#)，它会将某种编程语言写成的[源代码](#) (原始语言) 转换成另一种编程语言 (目标语言)。它主要的目的是将便于人编写、阅读、维护的高级计算机语言所写作的[源代码](#)程序，翻译为计算机能解读、运行的低阶机器语言的程序，也就是[可执行文件](#)。编译器将原始程序 (source program) 作为输入，翻译产生使用目标语言 (target language) 的等价程序。[源代码](#)一般为高级语言 (High-level language)，如 Pascal、C、C++、C#、Java 等，而目标语言则是汇编语言或目标机器的目标代码 (Object code)，有时也称作[机器代码](#) (Machine code)。一个现代编译器的主要工作流程：[源代码](#) (source code) → [预处理器](#) (preprocessor) → [编译器](#) (compiler) → [汇编程序](#) (assembler) → [目标代码](#) (object code) → [链接器](#) (linker) → [可执行文件](#) (executables)，最后打包好的文件就可以给电脑去判读执行了。

本文所要介绍的 GCC 就是一个编译器的角色，GCC 的成功是编程界乃至整个信息产业的一座里程碑，无论是从她对后代编译器在技术层面的影响，还是她坚守自由开放的精神信仰来说，都给无数的程序员点亮了一盏指路明灯。

一、基础篇 - 认识 GCC

| 缩写 | 全称 | 描述 |
|-------------|---|-----------------|
| GCC | GNU Compiler Collection | GNU 编译器集合 |
| HLL | High Level Language | 高级语言 |
| LLL | Low Level Language | 低级语言 |
| IR | Intermedia Representation | 中间表示 |
| IRL | Intermediate Representation Language | 中间表示语言 |
| AST | Abstract Syntax Tree | 抽象语法树 |
| SSA | Static Single Assignment | 静态单一分配 |
| RTL | Register Transfer Language | 寄存器传送语言 |
| ATA | Abstract Target Architecture | 抽象目标架构 |
| DFSG | Debian Free Software Guidelines | Debian 自由软件指导方针 |
| PMS | Package Management System | 包管理系统 |

1. 历史与背景

1.1 缘起

1983 年 9 月 27 日，[理查德·斯托曼](#)（简称 RMS）向外界正式公布了 [GNU](#) 项目计划，旨在发展出一套彻底开放自由的完整操作系统来取代 [UNIX](#)。1984 年 RMS 想要得到一个自由的 C 编译器来用于启动他的 GNU 项目。于是他写信给 [Andrew S. Tanenbaum](#)，[Andrew S. Tanenbaum](#) 是 [Amsterdam Compiler Kit](#) (also known as the [Free University Compiler Kit](#)) 的设计者，希望可以得到他的授权来使用他们的 C 编译器，可惜得到的回应却是: *the University was free but the Compiler was not*。因此 RMS 决定 [GNU](#) 项目计划的第一个子项目就是设计一个编译器，在设计之初 RMS 是计划重写一个来自于 [Lawrence Livermore National Laboratory](#) 的 [Pastel](#) 的编译器，向其加入 C 语言的前端支持，但是在后来发现加入 C 前端支持的 Pastel 编译器，让本就弥足珍贵的 RAM 空间显的更加捉襟见肘，最终 RMS 放弃了 Pastel 的编译器，然后将自己已经编写完的 C 前端代码进行了更大的扩展。于是在 1987 年 3 月 22 日 GCC 的第一个 Beta 版宣告诞生，从此开启了它璀璨夺目的光辉旅程。

GCC 最初发行的时候，名为 GCC(GNU C Compiler，GNU C 语言编译器)，因为它原本只能处理 C 语言。随着编程语言的发展，很快便增加了对 C++ 的支持，后来又陆续加入对更多高级编程语言的支持，诸如 [Fortran](#)、[Pascal](#)、[Objective-C](#)、[Java](#)、[Ada](#)、[Go](#) 以及各类处理器架构上的汇编语言等，所以更名为 GCC (GNU Compiler Collection，GNU 编译器套件)。GCC 原本作为 GNU 操作系统的官方编译器，现已被大多数类 UNIX 操作系统（如 Linux，BSD，MacOS X，等）采纳为标准的编译器，特别是其中的C语言编译器，常被认为是跨平台编译器的事实标准。

1.2 演化

从 1987 年 GCC 诞生，到正处于预发行阶段的 GCC 12，GNU 对 GCC 子项目的规划，逐渐产生了更清晰的定位，无论从说明性的描述，还是技术性的调整，都可以看到 GCC 在保持自由共享的初心下，正在不断地向规范化，友好化的方向迈进。以下的表格列举了从 Version 5 到 Version 11 的演变，因为 GCC 在 Version 5 之后更加广泛的被用于在近现代的编译器场景当中，而之前的版本已经相对古老，逐渐推出历史舞台。

| Version | Support Languages |
|------------|--|
| gcc-5.1.0 | c,ada,c,c++,fortran,go,java,jit,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-5.5.0 | c,ada,c,c++,fortran,go,java,jit,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-6.1.0 | c,ada,c,c++,fortran,go,java,jit,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-6.5.0 | c,ada,c,c++,fortran,go,java,jit,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-7.1.0 | c,ada,brig,c,c++,fortran,go,jit,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-7.5.0 | c,ada,brig,c,c++,fortran,go,jit,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-8.1.0 | c,ada,brig,c,c++,fortran,go,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-8.5.0 | c,ada,brig,c,c++,fortran,go,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-9.1.0 | c,ada,brig,c,c++,d,fortran,go,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-9.2.0 | c,ada,brig,c,c++,d,fortran,go,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-9.3.0 | c,ada,brig,c,c++,d,fortran,go,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-9.4.0 | c,ada,brig,c,c++,d,fortran,go,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-10.1.0 | c,ada,brig,c,c++,d,fortran,go,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-10.2.0 | c,ada,brig,c,c++,d,fortran,go,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-10.3.0 | c,ada,brig,c,c++,d,fortran,go,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-11.1.0 | c,ada,brig,c,c++,d,fortran,go,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-11.2.0 | c,ada,brig,c,c++,d,fortran,go,lto,objc,obj-c++ |

2. 结构与视图

GCC 的源码在分层结构上是比较规范的，每个目录的命名基本上解释了该目录下的内容范围，对于 GCC 整体的代码理解提供了不少帮助。

2.1 外层源码

外层的目录下存放的除了主体源码，主要的是工具程序，说明文档，以及运行支持库。

| Direction | Description |
|---------------|--|
| config | 自动配置，和自动编译的一些宏模板，配置系统的树 |
| contrib | 其他开发者贡献的内容 |
| c++tools | C++ 相关的工具程序 |
| fixincludes | GCC 工作的系统头支持 |
| gcc | GCC 主体源码目录，前端，后端，中间优化都在此目录下 |
| gnattools | Ada 相关的工具程序 |
| gotools | Go 相关的工具程序 |
| include | GCC 源码头文件目录 |
| INSTALL | 安装说明性文档 |
| intl | GNU libintl |
| libada | The Ada runtime library |
| libatomic | The runtime support library for atomic operations |
| libbacktrace | |
| libcc1 | |
| libcody | |
| libcpp | the C preprocessor library |
| libdecnumber | The Decimal Float support library |
| libffi | The libffi library, used as part of the Go runtime library |
| libgcc | The GCC runtime library |
| libgfortran | The Fortran runtime library |
| libgo | The Go runtime library. Go repository master 的镜像 |
| libgomp | The GNU Offloading and Multi Processing Runtime Library |
| libhsail-rt | |
| libiberty | The libiberty library, 为了可移植性，产生的一些数据结构和算法 |
| libitm | The runtime support library for transactional memory |
| libobjc | The Objective-C and Objective-C++ runtime library |
| liboffloadmic | |
| libphobos | |
| libquadmath | The runtime support library for quad-precision math operations |
| libsanitizer | |

| Direction | Description |
|--------------------|--|
| libssp | |
| libstdc++-v3 | The C++ runtime library |
| libvtv | |
| lto-plugin | Plugin used by the linker if link-time optimizations are enabled |
| maintainer-scripts | |
| zlib | The zlib compression library |

2.2 内层源码

该目录下的内容涉及 GCC 的主体源码，包含语言，架构和编译转化规则。

| Directory | Description |
|-----------|-----------------------|
| ada | Ada 语言相关 |
| analyzer | 词法语义分析 |
| brig | Brig 语言相关 |
| c | C 语言相关 |
| c-family | C 家族相关 |
| common | 编译器的驱动文件和真实编译器之间的共享文件 |
| config | 硬件相关的配置信息，不同处理器机器描述文件 |
| cp | C++ 语言相关 |
| d | D 语言相关 |
| doc | 说明性文档 |
| fortran | Fortran 语言相关 |
| ginclude | 头文件 |
| go | Go 语言相关 |
| jit | JIT 相关 |
| lto | LTO 相关 |
| objc | Objective-C 语言相关 |
| objcp | Objective-C++语言相关 |
| po | 翻译，多语言信息 |
| rtl-ssa | RTL 和 SSA |
| testsuite | 测试包 |

2.3 外部视图

虽然 GCC 是 GNU 工程中一个地位极高的项目，但对于一个完整的 GNU 系统，如果系统中仅有 GCC 那么是不能够满足正常使用的，作为一个编译器的集合，GCC 的作用是将多种高级语言转换成针对不同架构下的汇编语言。尽管汇编已经是低级的语言，可毕竟距离机器语言里还有一定的距离，因此还需要另外的程序将汇编语言转化为机器语言，那就不得不提到 Binutils，它同样也是 GNU 下的项目，提供了 as 汇编器和 ld 链接器。GCC 和 Binutils 都作为 GNU 工具链中的环节，参与程序的编译。常规情况下程序在 GNU 系统下的编译过程为：预处理，编译，汇编，链接。

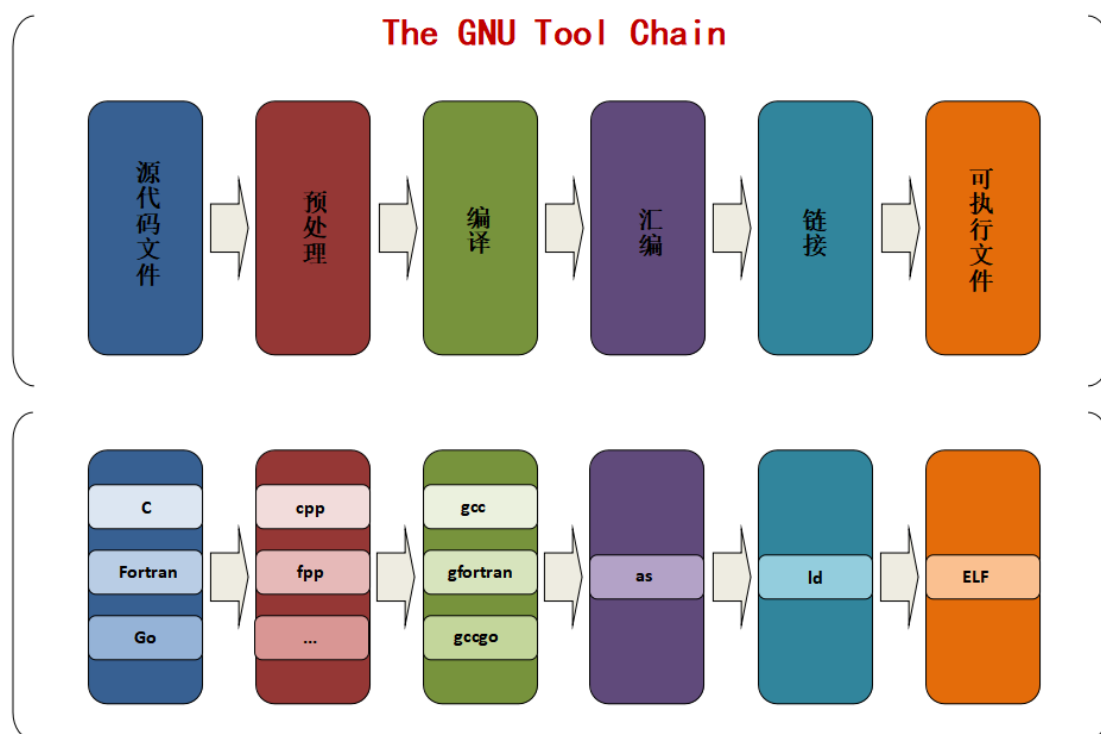


图1 GNU 工具链

1. 源代码文件

源代码文件 (Source Code File)：将编程语言按照语法规则以纯文本形式生成的文件，为了便于快速区分源代码文件所用的编程语言，通常会以语言的名称作为后缀进行保存。

2. 预处理

预处理 (Preprocessing)：是将源代码文件根据一些规则，向其中替换插入一些内容，新生成的文件依然保有原文件的语言特性。比如，对在 C 源代码文件的预处理的工作是展开宏定义，替换头文件内容等，预处理经常被用在需要条件编译的场合。Fortran、Ada 和 Go 等高级编程语言同样也可以加入预处理阶段，只是这个过程是视具体的编译器实现而定的。通常情况下预处理器是一个单独的程序，但有时候编译器也可以在内部集成预处理器的功能，比如 GCC 对 C 编译器 gcc 可以通过 -E 选项单独生成预处理后的文件，但是 C 的预处理器实际上却是 cpp。到这里其实是一个概念需要被区分的，后面部分会有叙述，这里先求同存异。

3. 编译

编译 (Compilation)：是将一种编程语言翻译转化为另一种编程语言，大多数情况下是指将高级语言转化为汇编语言，但是也存在有一些特殊情况有些编译器在进行编译的时候会先将原语言编译成字节码，再借由另外的编译器将字节码编译成汇编语言，比如 Java 程序的编译，这一过程也叫做编译，所以实际上广义的编译就是计算机语言之间的转化。在 GCC 的实现中，所有的编译工作都是将高级语言直接编译为汇编语言。

4. 汇编

汇编 (Assemble)：是对广义编译的一种实例化，它只是将两种语言做了限定，从汇编语言到机器语言。在 GNU 系统的实现中是先由 GCC 编译生成汇编代码，然后调用 GNU/Binutils 中的 as 汇编器，将汇编代码编译生成目标代码。这里的目标代码到真实机器语言其实还有一个更加底层的翻译过程的，它是由 GNU/Binutils 中提供的一些二进制工具处理的，这里不做深入研究。

5. 链接

链接 (Linking)：链接器对由汇编器生成的目标文件和系统中已经存在的目标文件进行链接，解析所有这些相关的目标文件的符号地址，最终组合生成可执行的目标文件。在 GNU 系统的实现中先由 Binutils 的 as 汇编器将汇编结果生成目标文件然后通过 Binutils 中的 ld 链接器解析符号，链接生成可执行的目标文件。

6. 可执行文件

可执行文件 (Executable File)：链接器处理过后的文件，具有可执行属性。在 GNU 系统的实现中通常是生成 ELF 格式的文件，ELF 文件格式属于冰山烈焰兼具一身，关于它的详细介绍描述，可参考我的另一篇：《文件格式之-ELF》。

2.4 内部视图

GCC 在设计之初就有两个重要的目标，一个是在构建支持不同硬件平台的编译器时，它的代码能够最大程度的被复用，所以 GCC 必须要做到一定程度的硬件无关性；另一个是要生成高质量的可执行代码，这就需要对代码进行集中的优化。为了实现这两个目标，GCC 内部是使用了多种中间表示语言来进行分离。

从设计模型上来说，GCC 可以规划为三个部分：前端 (Front End)、中端 (Middle End)、后端 (Back End)。每个部分负责处理编译阶段的不同任务，前端的存在统一了语言的概念，所有的高级语言都会被转换为层次更高的“中间表示语言”，中端再将前端转化后的中间表示语言继续进行向较低层方向靠近，此时的中间表示语言已经具备了更细的粒度，便于处理和优化。后端的存在统一了架构的概念，不同的硬件架构转化成一个虚拟抽象的硬件，这个虚拟的硬件架构具有无限个数的寄存器资源。

| 简写 | 英文全称 | 中文全称 |
|-----|-----------------------------|---------|
| IR | Intermediate Representation | 中间表示 |
| AST | Abstract Syntax Tree | 抽象语法树 |
| SSA | Static Single Assignment | 静态单一赋值 |
| RTL | Register Transfer Language | 寄存器传输语言 |

在整个高级语言向低级语言转化的过程中，这个中间表示语言在三端之间流程，每次的流转中间语言都对应不同的形式和数据结构的细微变化：前端中的形式名为 GENERIC，数据结构是 AST；中端中的形式名为 GIMPLE，数据结构是 SSA 化后的 AST；后端中的形式名为 RTL，数据结构是 unSSA 化的 AST。这一部分的内容可以阅读 GCC Internal 中的 Passes and Files of the Compiler 这一章。

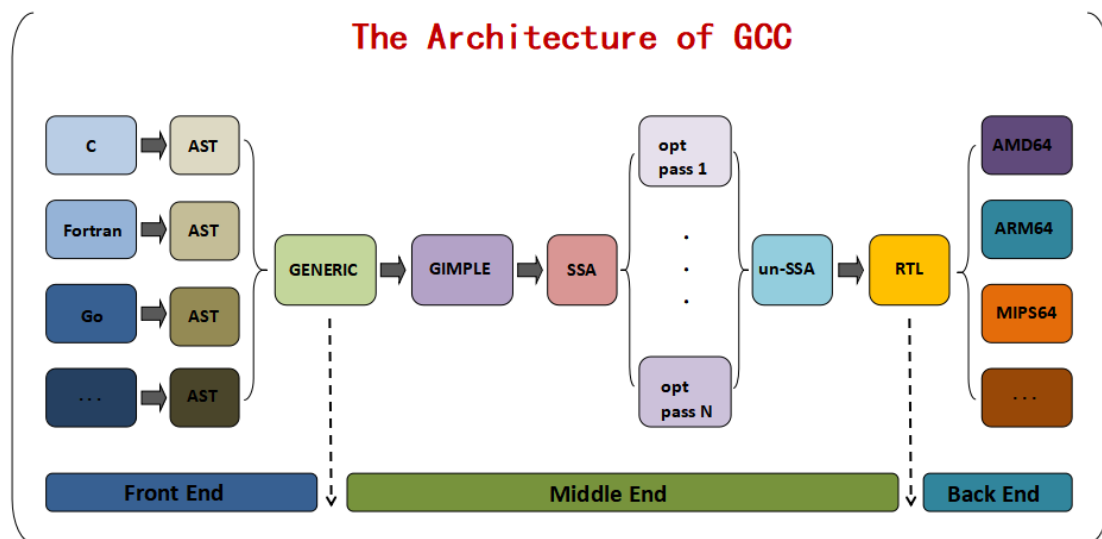


图2 GCC架构

1. 前端

预处理阶段过后，源代码文件被进行了形式与内容上的扩充，源文件中的内容被逐词逐句扫描，这与编译原理中所说的经过词法分析，语法分析和语义分析的过程相吻合。经过解析扫描后，前端将源文件中的每个函数生成 AST，每一个 AST 是一定数量的树结构的链接节点，每一种高级语言解析后的 AST 都不同，然后利用 AST 节点的内容生成 GENERIC，这样就使得各种语言形成统一的表示，这就是 GCC 处理器支持多种编程语言的根本原因。引入GENERIC 的原因是 GCC 要加入 SSA 支持，但是 SSA 没有增加到 RTL 上，而是想增加在 AST 上，然而 GCC 不同的前端使用不同的 AST，如果直接给各个语言前端增加 SSA 支持的话就太繁琐，所以 GCC 引入了 GENERIC。

GCC 编译器的前端非常强大，经过多年的发展，GCC 编译器前端已经变得相当成熟，它能编译现在计算机界主流的高级编程语言，如 C、Fortran、Pascal、Objective-C、Java、Ada、Go 等，同样它也支持这些语言的标准库 libstdc++、libgcj、libgo 等。

| 前端文件 | 内容描述 | 必要性 |
|--|--|-----|
| \$(GCC)/Makefile.def | check just the compiler or the compiler and runtime library for the language | ✓ |
| \$(GCC)/gcc/<language> | Front End Directory | ✓ |
| \$(GCC)/gcc/<language>/config-lang.in | Front End Config | ✓ |
| \$(GCC)/gcc/<language>/Make-lang.in | Front End Makefile | ✓ |
| \$(GCC)/gcc/<language>/lang.opt | this file registers the set of switches that the front end accepts on the command line | ✓ |
| \$(GCC)/gcc/<language>/lang-specs.h | this file provides entries for <code>default_compilers</code> in gcc.cc | ✓ |
| \$(GCC)/gcc/<language>/language-tree.def | this file, which need not exist, defines any language-specific tree codes | |
| \$(GCC)/gcc/doc/install.texi | special prerequisites for building the front end in the documentation of prerequisites | |
| \$(GCC)/gcc/doc/contrib.texi | contributors to that front end | |
| \$(GCC)/gcc/doc/frontends.texi | information about support for that language | |
| \$(GCC)/gcc/doc/standards.texi | information about standards for that language, and the front end's support for them | |
| \$(GCC)/gcc/doc/invoke.texi | details of source file suffixes for that language and -x lang options supported | |
| \$(GCC)/gcc/doc/sourcebuild.texi | details of the directories of any runtime libraries | |
| \$(GCC)/gcc/<language>/... | 取决于前段的具体实现: Anatomy of a Language Front End | |

2. 中端

GENERIC 是一种比较复杂的表示，为了简化操作，GCC 要将 GENERIC 转变为 GIMPLE，GIMPLE 是 GENERIC 的子集，是将 GENERIC 转化为三地址的形式（即操作数个数小于3）的表示，指令序列仍然被组织成树的形式，GIMPLE 又分为：低级 GIMPLE 和 高级 GIMPLE。GIMPLE 加入 SSA 支持，到了 SSA 阶段后，GCC 的优化工作就开始了，会进行多遍优化（opt pass N）大多数情况下要进行 20 多遍的优化，形成优化后的 un-SSA，事实上，un-SSA 也就是又原回了 GIMPLE 形式。GCC 的优化不仅仅在生成 un-SSA 阶段，在中间的一些过程中可能就涉及到优化。低级 GIMPLE 根据硬件配置机器描述文件 <architecture>.md 中的信息生成 RTL 树，进行多次的遍历优化。RTL 是从特定机器平台中抽象出的模型表示的，实际上它是一种抽象出来的机器模型。RTL 是基于带有无限数量的寄存器的抽象目标机的硬件语言。

| 中端文件 | 内容描述 | 必要性 |
|----------------------|------|-----|
| \$(GCC)/gcc/analyzer | | |
| \$(GCC)/gcc/rtl-ssa | | |

3. 后端

控制权给到后端，此时面向后端的数据结构是 RTL 树，和所有实际存在的平台一样，这个由 RTL 抽象出来的机器模型也有它自己的“指令系统”。机器模型的“指令系统”在 GCC 中定义为标准指令模板的一系列指令，这些指令是 GCC 内部使用的，GCC 的后端为不同的平台提供了描述这些指令模板的接口文件，这些指令模板在不同平台上的描述将 GCC 映射到不同的硬件平台上去，这样就可以把 GCC 的后端移植到不同的硬件平台上去。RTL 根据不同的机器模型通过模板匹配调用对应的汇编模板生成相应的汇编语言。

通过机器描述支持多种体系结构，机器描述文件给出机器各种参数的宏定义和指令集，使得 GCC 移植非常方便，针对目前广泛使用的目标机器的体系结构提供了大部分的支持，后端支持的平台有 X86、MIPS、Alpha、ARM、AVR、IA-64、SPARC、PowerPC 等多种平台。

| 后端文件 | 内容描述 | 必要性 |
|---|--|-----|
| \$(GCC)/config.guess | 系统自动检测架构 | ✓ |
| \$(GCC)/config.sub | 系统自动检测架构 | ✓ |
| \$(GCC)/configure | 手动配置支持架构 | ✓ |
| \$(GCC)/gcc/config.build | specific rules for particular systems which GCC is built on | |
| \$(GCC)/gcc/config.host | specific rules for particular systems which GCC will run on | |
| \$(GCC)/gcc/config.gcc | specific rules for particular systems which GCC will generate code for | ✓ |
| \$(GCC)/gcc/config/<architecture> | 后端架构目录 | ✓ |
| \$(GCC)/gcc/config/<architecture>/machine.md | machine descriptions file | ✓ |
| \$(GCC)/gcc/config/<architecture>/machine.h | header file | ✓ |
| \$(GCC)/gcc/config/<architecture>/machine-protos.h | header file | ✓ |
| \$(GCC)/gcc/config/<architecture>/machine.c | source file | ✓ |
| \$(GCC)/gcc/config/<architecture>/t-machine | target Makefile fragment | ✓ |
| \$(GCC)/gcc/config/<architecture>/machine-modes.def | additional machine modes | |
| \$(GCC)/gcc/config/<architecture>/machine.opt | target-specific options | ✓ |
| \$(GCC)/gcc/doc/invoke.texi | command-line options supported by this target | |
| \$(GCC)/gcc/doc/extend.texi | target-specific attributes supported | |
| \$(GCC)/gcc/doc/md.texi | target-specific constraint letters | |
| \$(GCC)/gcc/config/<architecture>/... | 取决于后端的具体实现： Anatomy of a Target Back End | |

经过上面的三个阶段就实现了从高级语言到低级语言的转化，这就是整个 GCC 对高级语言的编译。这个过程看起来很简单，但是实际上是相当复杂的，特别是在某些优化，GCC 要遍历许多次。图2并没有全面完整的表达 GCC 的内部体系结构，但是对于一个普遍的理解是足够了。例如对于 Fortran 来说，不会生成 GENERIC 而是一种相应的特殊表达，对 C 和 C++ 来说它们不经过 GENERIC 还是直接使用 GIMPLE，当然，这不影响总体。总的来说，GCC 的优化大致分为两部分：1. 作用于 GIMPLE/Tree-SSA 上的全局优化，大约100遍；2. 作用于 RTL 上的标量优化，大约70遍。GCC 从其诞生至今，历经了二十多年，实现了大量的只存在于文献中的优化算法。

3. 配置与编译

GCC 严格遵循的 GNU 的配置编译系统：GNU/Configure, GNU/Make。GCC 的配置与编译相比于大多数的 GNU 软件在概念和流程上有一些比较典型的区别，后续会有详细的介绍。

3.1 环境准备

- 硬件

| | |
|--------------|--------|
| Architecture | amd 64 |
| Memory | 8 GB |
| Harddisk | 256 GB |

- 软件

| | |
|----------|---------------------------|
| OS | UnionTech OS GNU/Linux 20 |
| Compiler | gcc-8 (DFSG) |
| User | uos |

- 建立路径

```
uos@uos-PC:~$ mkdir GCC-workdir/ # 工作环境
uos@uos-PC:~$ cd GCC-workdir/ # 切换路径
uos@uos-PC:~/GCC-workdir$ mkdir srcdir # 源码路径
uos@uos-PC:~/GCC-workdir$ mkdir objdir # 编译路径
uos@uos-PC:~/GCC-workdir$ mkdir insdir # 安装路径
```

3.2 获取源码

- 代码托管仓库

```
uos@uos-PC:~/GCC-workdir/srcdir$ git clone https://github.com/gcc-mirror/gcc
```

- 镜像服务器存档

```
uos@uos-PC:~/GCC-workdir/srcdir$ wget https://ftp.gnu.org/gnu/gcc/gcc-8.3.0/gcc-8.3.0.tar.xz
```

- 第三方提供

```
uos@uos-PC:~/GCC-workdir/srcdir$ apt-source gcc-8 # For Debian buster
```

3.3 解决依赖

- 源码中解决

```
uos@uos-PC:~/GCC-workdir/srcdir/gcc-8.3.0$ ./contrib/download_prerequisites
```

- 包管理工具解决

```
uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/srcdir/gcc-8.3.0$ sudo apt install libgmp-dev
uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/srcdir/gcc-8.3.0$ sudo apt install libmpfr-dev
uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/srcdir/gcc-8.3.0$ sudo apt install libmpc-dev
uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/srcdir/gcc-8.3.0$ sudo apt install libisl-dev
```

3.4 配置流程

- 控制编译方式

| build | host | target | Description |
|-------|------|--------|-------------|
| ✓ | ✓ | ✓ | native |
| ✓ | ✓ | × | cross |
| ✓ | × | ✓ | crossback |
| × | ✓ | ✓ | host-x-host |
| × | × | × | canadian |

- 调整编译过程

| Options | Description |
|--------------------|--------------------------------------|
| --prefix | install path : 重写安装路径: 默认 /use/local |
| --enable-languages | 重写支持语言: 默认 default |
| --with-pkgversion | 改变 gcc --version 的显示部分 |
| --disable-multilib | |
| --program-suffix | suffix to executable |
| ... | ... |

- 演示配置

```
uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/objdir/$ ../srcdir/gcc-8.3.0/configure --
prefix=/home/uos/GCC-Workdir/instdir
```

3.5 编译流程

GCC 的编译直接执行 make 就可以，但是简单的命令并不意味着简单的任务，对于使用不同的平台参数 build、host、target 编译的流程会有不同的区别，所消耗的时间也不尽相同，下面仅列举原生编译和交叉编译这两种：

- 原生编译：

| build | host | target |
|-------|------|--------|
| ✓ | ✓ | ✓ |

原生编译是指三个 Target 全部相同，该过程的编译将包含四步：

1. Build tools necessary to build the compiler.
 2. Perform a 3-stage bootstrap of the compiler. This includes building three times the target tools for use by the compiler such as binutils (bfd, binutils, gas, gprof, ld, and opcodes) if they have been individually linked or moved into the top level GCC source tree before configuring.
 3. Perform a comparison test of the stage2 and stage3 compilers.
 4. Build runtime libraries using the stage3 compiler from the previous step.
- 交叉编译:

这里的交叉编译是指 build 和 host 相同生成一个运行在不同 target 上的 gcc, 包含四步:

| build | host | target |
|-------|------|--------|
| ✓ | ✓ | × |

1. Build host tools necessary to build the compiler.
 2. Build target tools for use by the compiler such as binutils (bfd, binutils, gas, gprof, ld, and opcodes) if they have been individually linked or moved into the top level GCC source tree before configuring.
 3. Build the compiler (single stage only).
 4. Build runtime libraries using the compiler from the previous step.
- 演示编译

```
uos@uos-PC:~/GCC-workdir/objdir$ make -j4 # -jn, n 指线程数
```

4. 管理与应用

4.1 代码维护

GCC 团队每完成一次版本更新, 源码会被释放到互联网。其它第三方组织也可以得到 GCC 的基线版本, 按照自己的意愿进行二次开发, 比如 Debian, Ubuntu 等, 会按照自己的规则对 GCC 二次发布。

4.2 操作应用

GCC 的外部接口设计兼容一个标准的 **UNIX** 编译器, 用户可以在 **CLI** 接口下键入相应的命令, 就可以执行操作:

```
$ <GCC-Commands> [Options] [Filenames]
```

这里的 GCC-Commands 是指 GCC 作为几个编译器集合的本意, 比如: 针对 C-like 家族 (C、C++、Objective-C、Objective-C++ 等) 程序的编译, 指令形式演变为 "`gcc [options] [filenames]`"; 针对 Fortran, 指令形式演变为: "`gfortran [options] [filenames]`"; 针对 Java, 指令形式演变为: "`gcj [options] [filenames]`"; 针对 Go 语言, 指令形式演变为: "`gccgo [options] [filenames]`", 以此类推, 还有 D 语言的 gdc, Ada 语言的 gnat 等。然后根据后续的 Options 和 Filenames 进行用户视角的编译过程控制。每一个前端语言和后端架构的组合导致了可用的选项控制参数和文件名都有不同的区别, 这取决于 GCC 的实现。除了 Ada 前端大部分以 Ada 写成, 几乎全部的 GCC 都由 C 写成, 所以 GCC 对 C 的编译器实现 gcc 拥有最多的控制项。

在 2.3 部分遗留一个概念问题，GCC 在实现针对不同语言的编译器的时候，为了方便管理和增强用户体验做了一些"统一"操作，比如 gcc 是针对 C 的编译实现，但是实际上 gcc 是 cc1 程序的套壳，用样的 C++ 的 g++ 也是 cc1plus 的套壳，cc1, cc1plus 是 UNIX 的历史遗留问题。另外 GCC 源码在编译的时候还会生成 <architecture>-linux-gnu-as 汇编器，这个汇编器在 Binutils 中也存在，只是名字略有不同的，实际 GCC 生成的 <architecture>-linux-gnu-as 是 Binutils 中的 as 的套壳，可见在 GNU 中 GCC 和 Binutils 这两个子项目的联系确实相当紧密。

- GCC-Commands

| GCC-Commands | Descriptions |
|--------------|----------------------|
| gcc | C 语言家族的 GCC 实现 |
| g++ | C++ 语言家族的 GCC 实现 |
| gdc | D 语言家族的 GCC 实现 |
| gfortran | Fortran 语言家族的 GCC 实现 |
| gccgo | Go 语言家族的 GCC 实现 |
| gcj | Java 语言家族的 GCC 实现 |
| gnat | Ada 语言家族的 GCC 实现 |
| ... | ... |

- Options

| Options | Descriptions |
|---------|---|
| -o | output_filename, 输出文件的名称，预设的可执行文件 a.out |
| -E | 只预处理 |
| -S | 只汇编 |
| -c | 只编译 |
| -g | 产生符号调试工具 (GNU 的 gdb) 所必要的符号资讯 |
| -O | 对程序进行优化编译 |
| -O2 | 比 -O 更好的优化 |
| -I | 将目录加入到程序头文件目录列表中 |
| -v | 执行的详细过程 |
| ... | ... |

- Filenames

| Filenames | Descriptions |
|-----------|-----------------------|
| .c | C 语言源代码文件 |
| .cpp | C++ 语言源代码文件 |
| .d | D 语言源代码文件 |
| .f | Fortran 语言源代码文件 |
| .go | Go 语言源代码文件 |
| .m | Objective-C 语言源代码文件 |
| .mm | Objective-C++ 语言源代码文件 |
| .s | 汇编语言源代码文件 |
| .a | 由目标文件构成的档案库文件 |
| .C | C++源代码文件且必须要经过预处理 |
| .i | C 源代码文件且不应该对其执行预处理 |
| .ii | C++ 源代码文件且不应该对其执行预处理 |
| .o | 编译后的目标文件 |
| .S | 经过预处理的汇编语言源代码文件 |
| ... | ... |

- 用例演示

这里以 GCC 对 C 语言的编译器实现为例。

- 指令形式

```
gcc [options] [filenames]
```

- 演示代码

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int main(int argc, char * argv)
4 {
5     printf("Hello, world!\n");
6     return 0;
7 }
8
```

- 预处理

```
uos@uos-PC:~/GCC-workdir/Part-1$ gcc -E hello.c -o hello.i
```

- 编译

```
uos@uos-PC:~/GCC-workdir/Part-1$ gcc -S hello.c -o hello.s
```


- 汇编

```
uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/Part-1$ gcc -c hello.s -o hello.o
```

- 链接

```
uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/Part-1$ gcc hello.o -o hello
```

二、进阶篇 - 移植 GCC

GCC 作为一个支持多架构，多语言的大型开源软件，复杂度相当不低。按照基础篇中的结构视图中的叙述，要移植这样的软件，首先应该有一种大局观。GCC 的前后端相对独立：前端 Front End 相对偏向于编程语言，后端 Back End 更倾向于架构相关的部分。从这一点来看，如果是要添加 "新编程语言" 的支持，重点应该在 GCC 前端，如果是要在 GCC 没有支持过的新架构上使用 GCC，那么重点工作在 GCC 的后端部分。基础篇对 GCC 有了一个基本的认识，这一部分将主要通过为 GCC 新增一个后端架构，来对 GCC 的源码在宏观层面有一个更深入认识。

5. 前端移植

在 GNU 系统中对于编程语言的支持大体上有两种策略的实现：1. 用编程语言原生的编译器将源文件编译成为 C 或者汇编语言，通过 GCC 的 C 编译器或 GNU/Binutils 提供的汇编器和链接器进行后续的工作流；2. 将该编程语言的支持添加到 GCC 的前端中，用 GCC 直接编译生成目标代码，链接到系统中参与运行，后者充分的利用了 GNU 系统的特性，契合度更高。

GCC 所支持的高级语言，随着大版本的改变而改变，小版本变化仅做性能微调。大版本的更新维护对高级语言的支持有加入，也有移除，之所以会有移除，是因为有一些语言体量庞大冗杂，私有意味渐趋浓厚，开发团队不愿意耗费时间去维护，比如对 Java 的移除。下表是 GCC 从 Version 5 到 Version 12 所支持的高级语言的变化。

| Version | Languages |
|------------|--|
| gcc-5.x.x | c,ada,c,c++,fortran,go,java,jit,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-6.x.x | c,ada,c,c++,fortran,go,java,jit,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-7.x.x | c,ada,brig,c,c++,fortran,go,jit,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-8.x.x | c,ada,brig,c,c++,fortran,go,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-9.x.x | c,ada,brig,c,c++,d,fortran,go,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-10.x.x | c,ada,brig,c,c++,d,fortran,go,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-11.x.x | c,ada,brig,c,c++,d,fortran,go,lto,objc,obj-c++ |
| gcc-12.0.0 | dev |

绝大多数的高级语言都有属于它自己的原生编译器，GCC 对新语言的支持所做的工作就是子自己的 Front End 中添加对新语言的支持，这样可以更高效的使用在系统中，无论是性能还是可移植性都上了一个台阶。在 GCC 中有一些 Front End 是通过动态库的形式存在的，这些 Fornt Ends 更像是一种中间码的概念。

接下来插入一段当前 GCC 所支持的语言的编译器实现，以及对i语言的编译演示:

| GCC 的前端 | GCC 的实现 |
|---------|------------------------------|
| ada | gnat |
| c | gcc |
| c++ | g++ |
| d | gdc |
| fortran | gfortran |
| go | gccgo |
| java | gcj |
| brig | built-in with shared library |
| jit | built-in with shared library |
| lto | built-in with shared library |
| objc | built-in with shared library |
| obj-c++ | built-in with shared library |

- Ada

- 背景标准

Ada，是一种[程序设计语言](#)。它源于[美国](#)国防部在二十世纪七十年代的计划，旨在集成美军系统程序设计语言，而当时美军系统运行着上百种不同的程序设计语言，并提高[调试](#)能力和效率，由 [Pascal](#) 及其他语言扩展而成，接近[自然语言](#)和数学表达式，用“Ada”命名以纪念[埃达·洛夫莱斯](#)（Ada Lovelace）。

- GCC的前端

GCC 对 Ada 支持的编译器叫做 GNAT，使用命令是 gnatmake

- 编译器用法演示

1. 建源文件

```
$ touch hello.adb
```

```
with Ada.Text_IO; use Ada.Text_IO;

procedure Hello is
begin
    Put_Line("Hello, world!");
end Hello;
```

2. 编译运行

```
# GCC 编译
$ gcc -c hello.adb
$ gnatmake hello.adb

# 终端运行
$ ./hello
# Command Line Interface Output: Hello world!
```

- C

- 背景标准

C 是一种通用的[编程语言](#)，广泛用于[系统软件](#)与[应用软件](#)的开发。于1969年至1973年间，为了移植与开发[UNIX操作系统](#)，由[丹尼斯·里奇](#)与[肯·汤普逊](#)，以[B语言](#)为基础，在[贝尔实验室](#)设计、开发出来。C语言具有高效、灵活、功能丰富、表达力强和较高的[可移植性](#)等特点，在[程序设计](#)中备受青睐，成为最近25年使用最为广泛的编程语言。

- GCC 的前端

GCC 对 C 的编译器实现是 gcc。

- 编译器用法演示

- 1. 建源文件

```
$ touch hello.c
```

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char * argv)
{
    printf("Hello, world!\n");
    return 0;
}
```

- 2. 编译运行

```
# GCC 编译
$ gcc -o hello hello.c

# 终端运行
$ ./hello
# Command Line Interface Output: Hello world!
```

- C++

- 背景标准

C++ 是一种被广泛使用的计算机程序设计语言。它是一种通用[程序设计语言](#)，支持[多重编程范式](#)，例如[过程化程序设计](#)、[数据抽象](#)、[面向对象程序设计](#)、[泛型程序设计](#)和[设计模式](#)等。

- GCC 的前端

GCC 对 C++ 语言的编译器实现为 g++。

- 编译器用法演示

- 1. 建源文件

```
$ touch hello.cpp
```

```
#include <iostream>

using namespace std;

int main()
{
    cout << "Hello world!" << endl;
    return 0;
}
```

2. 编译运行

```
# GCC 编译
g++ -o hello hello.cpp

# 终端运行
$ ./hello
# Command Line Interface Output: Hello world!
```

- D

- 背景标准

D语言是一种[编程语言](#)，具备[多范型](#)，例如[面向对象](#)、[指令式](#)。由[沃尔特·布莱特](#)和[安德烈·亚历山大雷斯库](#)所开发，起源自[C++](#)，深受 C++ 的影响，然而其不是 C++ 的变种，而是重新设计来自 C++ 的部分特性，并受到其它编程语言观念的影响，如[Java](#)、[C#](#) 以及 [Eiffel](#)。2007年1月2日发布1.0稳定版本。版本2.0发布于2007年1月17日。

- GCC 的前端

GCC 对 D 的编译器实现为 gdc。

- 编译器用法演示

- 1. 建源文件

```
$ touch hello.d
```

```
import std.stdio;

int main()
{
    writeln("Hello world!");
    return 0;
}
```

- 2. 编译运行

```
# GCC编译
$ gdc -o hello hello.d

# 终端运行
$ ./hello
# Command Line Interface Output: Hello world!
```

- Fortran

- 背景标准

Fortran，音译为**福传**，源自于“公式翻译”（英语：**Formula Translation**）的缩写，是一种[编程语言](#)。1957年由[IBM](#)开发出，是世界上第一个被正式采用并流传至今的[高级编程语言](#)。

- GCC 的前端

GCC 对 Fortran 的编译器实现为 gfortran。

- 编译器用法演示

1. 建源文件

```
$ touch hello.f
```

```
program hello
write(*,*) 'Hello world!'
end program hello
```

2. 编译运行

```
# GCC编译
$ gfortran -o hello hello.f

# 终端运行
$ ./hello
# Command Line Interface Output: Hello world!
```

- Go

- 背景标准

Go（又称 **Golang**）是 [Google](#) 开发的一种[静态强类型](#)、[编译型](#)、[并发型](#)，并具有[垃圾回收功能](#)的[编程语言](#)。golang 原生仅有 i386、amd64、arm 支持。

- GCC 的前端

GCC 对 Golang 的支持，是来自与谷歌 Golang 团队提供的 gofrontend 项目，对 Golang 支持的编译器叫做 gccgo。基本支持所有处理器，gccgo 可以更好的使用 gdb，gccgo 不能支持所有的 golang 版本。

- 编译器用法演示

1. 建源文件

```
touch hello.go
```

```
package main
import "fmt"
func main() {
    fmt.Println("Hello world!")
}
```

2. 编译运行

```
# GCC编译
$ gccgo -o hello hello.go

# 终端运行
$ ./hello
# Command Line Interface Output: Hello world!
```

- Objective-C

- 背景标准

Objective-C是一种通用、高级、面向对象的编程语言。它扩展了标准的ANSI C编程语言，将Smalltalk式的消息传递机制加入到ANSI C中。目前主要支持的编译器有GCC和Clang（采用LLVM作为后端）。

- GCC 的前端

GCC 对 Objective-C 的编译器实现实际是通过 gcc 外链 libobjc，来实现的。

- 编译器用法演示

- 1. 建源文件

```
touch hello.m
```

```
#import <stdio.h>

int main(int argc, char * argv)
{
    printf("Hello world!\n");
    return 0;
}
```

- 2. 编译运行

```
# GCC编译
$ gcc -o hello hello.m

# 终端运行
$ ./hello
# Command Line Interface Output: Hello world!
```

- Java

- 背景标准

Java 是一种广泛使用的计算机编程语言，拥有跨平台、面向对象、泛型编程的特性，广泛应用于企业级Web应用开发和移动应用开发。

- GCC 的前端

GCC 对 Java 语言的编译器实现为 gcj。

- 编译器用法演示

- 1. 建源文件

```
touch hello.java
```

```
public class Main {
    public static void main(String args[]) {
        System.out.println("Hello world!");
    }
}
```

2. 编译运行

```
sudo apt-get install gcj-4.8 libgcj16-dev
gcj-4.8 -c Main.java
gcj --main=Main -o Main Main.o
./Main
# Command Line Interface Output: Hello world!
```

- 其他
 - Brig
 - Jit
 - Lto
 - ...
- 增加前段

按照基础篇中对 GCC 内部的介绍，需要向相应的路径下生成文件，我已尝试自己设计了一种中间语言的字节码，简单规则去识别编译是没有问题的，感兴趣的读者可自行查找资料。此处不做详细描述。

6. 后端移植

GCC 支持多种处理器架构，硬件在 GCC 的架构视图中被映射在后端，如果 GCC 新增了一个后端，那将意味着，几乎所有的 GNU 系统中的软件程序都可以在该硬件平台上运行，本节将 GCC 移植到龙芯 longarch64 的架构上。

6.1 先决条件

GCC 的官方手册上对它所支持的硬件架构有明确的要求：1.、地址空间必须是线性连续的平面结构非段式结构。2、ABI 必须支持 8、16、32 or 64-bit，char 至少 8bit，int 至少 32bit。

6.2 龙芯架构

龙芯架构 LoongArch 是一种精简指令集计算机 (Reduced Instruction Set Computing，简称 RISC) 风格的指令系统架构。龙芯架构采用基础部分 (Loongson Base) 加扩展部分的组成形式，如下图，其中扩展部分包括：二进制翻译扩展 (Loongson Binary Translation，简称 LBT)，虚拟化扩展 (Loongson Virtualization，简称 LVZ)，向量扩展 (Loongson SIMD Extension，简称 LSX) 和高级向量扩展 (Loongson Advanced SIMD Extension，简称 LASX)。这里只能找到 32bit 的资料，并且还不完整，loongarch64 的资料龙芯并未释放。

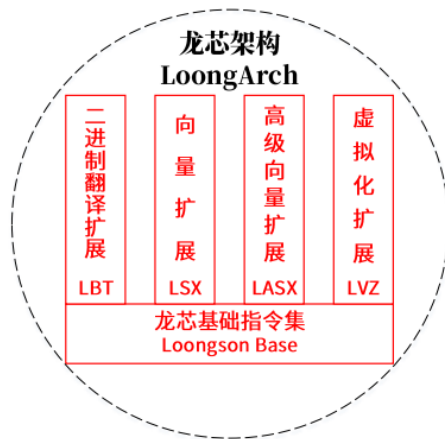


图3 龙芯架构

6.3 现有状态

统信 UOS 需要适配龙芯 loongarch64 处理器，以完成同源异构的市场布局。当前龙芯开源了 loongarch64 的 gcc-8 版本，但是相比较而言这并不是一个完整可用的 gcc 状态。

鉴于自由软件的诞生始，以 x86 和 amd64 架构主导的处理器市场普及度相当高，全球各地的开发者几乎都拥有该架构的计算设备，相比 ARM、MIPS、PPC64 这些架构而言，简直多如牛毛。所以 GCC 项目从诞生到如今对 x86 CPU 的兼容支持一直是不遗余力地，在其他架构的支持上明显落后，这尤其表现在 Debian/DFSG 对 GCC 源码的管理：UOS 和 Loongnix 的基线版本都是 debian 10 buster 发行版，因此我以 Debian/buster 中 gcc-8 的源码为准线，将它分别在 amd64 和 arm64 上的编译结果做一个对比，来决定 GCC 在 loongarch64 平台上的支持应该以怎样的方式向 UOS 主线靠拢。所以当前要做的工作是有两个：首先同步龙芯的 GCC 移植，让龙芯的 gcc-8 对齐到 UOS 的 gcc-8 版本；其次是尽可能使 UOS 主线的 gcc-8 在 loongarch64 架构上有全功能的 gcc。

这部分内容中的 GCC 源码以 gcc-8.3.0 为基准，DFSG 规则以 debian 10 buster 为准线，龙芯 loongarch64 架构下的 GCC 源码，以龙芯对外提供的[最新仓库](#)为准。

- 环境准备:

| Machine | Architecture | OS |
|-----------|--------------|-----------------------------|
| Machine-1 | amd64 | Debian GNU/Linux 10 |
| Machine-2 | arm64 | Debian GNU/Linux 10 |
| Machine-3 | amd64 | UnionTech OS GNU/Linux 20 |
| Machine-4 | amd64 | Loongnix GNU/Linux 20 Beta9 |
| Machine-5 | loongarch64 | Loongnix GNU/Linux 20 Beta9 |
| Machine-6 | loongarch64 | UnionTech OS GNU/Linux 20 |

6.3.1 Debian 的原生比较

| Machine | OS | Arch |
|-----------|---------------------|-------|
| Machine-1 | Debian GNU/Linux 10 | amd64 |
| Machine-2 | Debian GNU/Linux 10 | arm64 |

| SN - 1 | Machine 1 | SN - 2 | Machine 2 | Status |
|-----------|---|-----------|---|--------|
| 1 | cpp-8_8.3.0-6_amd64.deb | 1 | cpp-8_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 2 | cpp-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | 2 | cpp-8-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 3 | fixincludes_8.3.0-6_amd64.deb | 3 | fixincludes_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 4 | fixincludes-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | 4 | fixincludes-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 5 | g++-8_8.3.0-6_amd64.deb | 5 | g++-8_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 6 | g++-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | 6 | g++-8-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 7 | g++-8-multilib_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 8 | gcc-8_8.3.0-6_amd64.deb | 7 | gcc-8_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 9 | gcc-8-base_8.3.0-6_amd64.deb | 8 | gcc-8-base_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 10 | gcc-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | 9 | gcc-8-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 11 | gcc-8-hppa64-linux-gnu_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 12 | gcc-8-hppa64-linux-gnu-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 13 | gcc-8-locales_8.3.0-6_all.deb | 10 | gcc-8-locales_8.3.0-6_all.deb | |
| 14 | gcc-8-multilib_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 15 | gcc-8-offload-nvptx_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 16 | gcc-8-offload-nvptx-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 17 | gcc-8-plugin-dev_8.3.0-6_amd64.deb | 11 | gcc-8-plugin-dev_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 18 | gcc-8-plugin-dev-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | 12 | gcc-8-plugin-dev-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 19 | gcc-8-source_8.3.0-6_all.deb | 13 | gcc-8-source_8.3.0-6_all.deb | |
| 20 | gcc-8-test-results_8.3.0-6_amd64.deb | 14 | gcc-8-test-results_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 21 | gccbrig-8_8.3.0-6_amd64.deb | | | |

| SN - 1 | Machine 1 | SN - 2 | Machine 2 | Status |
|-----------|---------------------------------------|-----------|-------------------------------------|--------|
| 22 | gccbrig-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 23 | gccgo-8_8.3.0-6_amd64.deb | 15 | gccgo-8_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 24 | gccgo-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | 16 | gccgo-8-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 25 | gccgo-8-multilib_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 26 | gdc-8_8.3.0-6_amd64.deb | 17 | gdc-8_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 27 | gdc-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | 18 | gdc-8-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 28 | gdc-8-multilib_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 29 | gfortran-8_8.3.0-6_amd64.deb | 19 | gfortran-8_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 30 | gfortran-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | 20 | gfortran-8-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 31 | gfortran-8-multilib_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 32 | gnat-8_8.3.0-6_amd64.deb | 21 | gnat-8_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 33 | gnat-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | 22 | gnat-8-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 34 | gnat-8-sjlj_8.3.0-6_amd64.deb | 23 | gnat-8-sjlj_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 35 | gobjc++-8_8.3.0-6_amd64.deb | 24 | gobjc++-8_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 36 | gobjc-8_8.3.0-6_amd64.deb | 25 | gobjc-8_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 37 | gobjc++-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | 26 | gobjc++-8-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 38 | gobjc-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | 27 | gobjc-8-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 39 | gobjc++-8-multilib_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 40 | gobjc-8-multilib_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 41 | lib32asan5_8.3.0-6_amd64.deb | | | |

| SN - 1 | Machine 1 | SN - 2 | Machine 2 | Status |
|-----------|---------------------------------------|-----------|-----------|--------|
| 42 | lib32asan5-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 43 | lib32atomic1_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 44 | lib32atomic1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 45 | lib32gcc1_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 46 | lib32gcc1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 47 | lib32gcc-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 48 | lib32gfortran5_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 49 | lib32gfortran5-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 50 | lib32gfortran-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 51 | lib32go13_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 52 | lib32go13-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 53 | lib32gomp1_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 54 | lib32gomp1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 55 | lib32gphobos76_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 56 | lib32gphobos76-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 57 | lib32gphobos-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 58 | lib32itm1_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 59 | lib32itm1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 60 | lib32lsan0_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 61 | lib32lsan0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 62 | lib32mpx2_8.3.0-6_amd64.deb | | | |

| SN - 1 | Machine 1 | SN - 2 | Machine 2 | Status |
|-----------|--------------------------------------|-----------|-----------------------------------|--------|
| 63 | lib32mpx2-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 64 | lib32objc4_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 65 | lib32objc4-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 66 | lib32objc-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 67 | lib32quadmath0_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 68 | lib32quadmath0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 69 | lib32stdc++6_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 70 | lib32stdc++6-8-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 71 | lib32stdc++-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 72 | lib32ubsan1_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 73 | lib32ubsan1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 74 | libasan5_8.3.0-6_amd64.deb | 28 | libasan5_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 75 | libasan5-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | 29 | libasan5-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 76 | libatomic1_8.3.0-6_amd64.deb | 30 | libatomic1_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 77 | libatomic1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | 31 | libatomic1-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 78 | libcc1-0_8.3.0-6_amd64.deb | 32 | libcc1-0_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 79 | libcc1-0-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | 33 | libcc1-0-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 80 | libgcc1_8.3.0-6_amd64.deb | 34 | libgcc1_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 81 | libgcc1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | 35 | libgcc1-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 82 | libgcc-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | 36 | libgcc-8-dev_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 83 | libgccjit0_8.3.0-6_amd64.deb | 37 | libgccjit0_8.3.0-6_arm64.deb | |

| SN - 1 | Machine 1 | SN - 2 | Machine 2 | Status |
|-----------|---|-----------|-------------------------------------|--------|
| 84 | libgccjit0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | 38 | libgccjit0-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 85 | libgccjit-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | 39 | libgccjit-8-dev_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 86 | libgccjit-8-doc_8.3.0-6_all.deb | 40 | libgccjit-8-doc_8.3.0-6_all.deb | |
| 87 | libgfortran5_8.3.0-6_amd64.deb | 41 | libgfortran5_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 88 | libgfortran5-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | 42 | libgfortran5-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 89 | libgfortran-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | 43 | libgfortran-8-dev_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 90 | libgnat-8_8.3.0-6_amd64.deb | 44 | libgnat-8_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 91 | libgnat-8-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | 45 | libgnat-8-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 92 | libgnatvs8_8.3.0-6_amd64.deb | 46 | libgnatvs8_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 93 | libgnatvs8-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | 47 | libgnatvs8-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 94 | libgnatvs8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | 48 | libgnatvs8-dev_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 95 | libgo13_8.3.0-6_amd64.deb | 49 | libgo13_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 96 | libgo13-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | 50 | libgo13-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 97 | libgomp1_8.3.0-6_amd64.deb | 51 | libgomp1_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 98 | libgomp1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | 52 | libgomp1-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 99 | libgomp-plugin-nvptx1_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 100 | libgomp-plugin-nvptx1-dbg-sym_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 101 | libgphobos76_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 102 | libgphobos76-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |

| SN - 1 | Machine 1 | SN - 2 | Machine 2 | Status |
|-----------|-------------------------------------|-----------|------------------------------------|--------|
| 103 | libgphobos-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 104 | libhsail-rt0_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 105 | libhsail-rt0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 106 | libhsail-rt-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 107 | libitm1_8.3.0-6_amd64.deb | 53 | libitm1_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 108 | libitm1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | 54 | libitm1-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 109 | liblsan0_8.3.0-6_amd64.deb | 55 | liblsan0_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 110 | liblsan0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | 56 | liblsan0-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 111 | libmpx2_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 112 | libmpx2-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 113 | libobjc4_8.3.0-6_amd64.deb | 57 | libobjc4_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 114 | libobjc4-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | 58 | libobjc4-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 115 | libobjc-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | 59 | libobjc-8-dev_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 116 | libquadmath0_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 117 | libquadmath0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 118 | libstdc++6_8.3.0-6_amd64.deb | 60 | libstdc++6_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 119 | libstdc++6-8-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | 61 | libstdc++6-8-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 120 | libstdc++-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | 62 | libstdc++-8-dev_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 121 | libstdc++-8-doc_8.3.0-6_all.deb | 63 | libstdc++-8-doc_8.3.0-6_all.deb | |
| 122 | libstdc++-8-pic_8.3.0-6_amd64.deb | 64 | libstdc++-8-pic_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 123 | libtsan0_8.3.0-6_amd64.deb | 65 | libtsan0_8.3.0-6_arm64.deb | |

| SN - 1 | Machine 1 | SN - 2 | Machine 2 | Status |
|-----------|--|-----------|---------------------------------|--------|
| 124 | libtsan0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | 66 | libtsan0-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 125 | libubsan1_8.3.0-6_amd64.deb | 67 | libubsan1_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 126 | libubsan1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | 68 | libubsan1-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | |
| 127 | libx32asan5_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 128 | libx32asan5-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 129 | libx32atomic1_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 130 | libx32atomic1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 131 | libx32gcc1_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 132 | libx32gcc1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 133 | libx32gcc-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 134 | libx32gfortran5_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 135 | libx32gfortran5-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 136 | libx32gfortran-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 137 | libx32go13_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 138 | libx32go13-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 139 | libx32gomp1_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 140 | libx32gomp1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 141 | libx32gphobos76_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 142 | libx32gphobos76-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 143 | libx32gphobos-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | | | |

| SN - 1 | Machine 1 | SN - 2 | Machine 2 | Status |
|-----------|--|-----------|-----------|--------|
| 144 | libx32itm1_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 145 | libx32itm1-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 146 | libx32lsan0_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 147 | libx32lsan0-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 148 | libx32objc4_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 149 | libx32objc4-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 150 | libx32objc-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 151 | libx32quadmath0_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 152 | libx32quadmath0-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 153 | libx32stdc++6_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 154 | libx32stdc++6-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 155 | libx32stdc++-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 156 | libx32ubsan1_8.3.0-6_amd64.deb | | | |
| 157 | libx32ubsan1-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | | | |

6.3.2 Debian和统信UOS

| Machine | OS | Arch |
|-----------|---------------------------|-------|
| Machine-1 | Debian GNU/Linux 10 | amd64 |
| Machine-3 | UnionTech OS GNU/Linux 20 | amd64 |

| SN | Machine-1 | Machine-3 | Stauts |
|----|---|---|--------|
| 1 | cpp-8_8.3.0-6_amd64.deb | cpp-8_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 2 | cpp-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | cpp-8-dbgsym_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 3 | fixincludes_8.3.0-6_amd64.deb | fixincludes_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 4 | fixincludes-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | fixincludes-dbgsym_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 5 | g++-8_8.3.0-6_amd64.deb | g++-8_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 6 | g++-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | g++-8-dbgsym_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 7 | g++-8-multilib_8.3.0-6_amd64.deb | g++-8-multilib_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 8 | gcc-8_8.3.0-6_amd64.deb | gcc-8_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 9 | gcc-8-base_8.3.0-6_amd64.deb | gcc-8-base_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 10 | gcc-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | gcc-8-dbgsym_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 11 | gcc-8-hppa64-linux-gnu_8.3.0-6_amd64.deb | gcc-8-hppa64-linux-gnu_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 12 | gcc-8-hppa64-linux-gnu-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | gcc-8-hppa64-linux-gnu-dbgsym_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 13 | gcc-8-locales_8.3.0-6_all.deb | gcc-8-locales_8.3.0.7-1+dde_all.deb | |
| 14 | gcc-8-multilib_8.3.0-6_amd64.deb | gcc-8-multilib_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 15 | gcc-8-offload-nvptx_8.3.0-6_amd64.deb | gcc-8-offload-nvptx_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 16 | gcc-8-offload-nvptx-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | gcc-8-offload-nvptx-dbgsym_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 17 | gcc-8-plugin-dev_8.3.0-6_amd64.deb | gcc-8-plugin-dev_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 18 | gcc-8-plugin-dev-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | gcc-8-plugin-dev-dbgsym_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 19 | gcc-8-source_8.3.0-6_all.deb | gcc-8-source_8.3.0.7-1+dde_all.deb | |
| 20 | gcc-8-test-results_8.3.0-6_amd64.deb | gcc-8-test-results_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 21 | gccbrig-8_8.3.0-6_amd64.deb | gccbrig-8_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |

| SN | Machine-1 | Machine-3 | Stauts |
|----|---------------------------------------|---|--------|
| 22 | gccbrig-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | gccbrig-8-dbgsym_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 23 | gccgo-8_8.3.0-6_amd64.deb | gccgo-8_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 24 | gccgo-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | gccgo-8-dbgsym_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 25 | gccgo-8-multilib_8.3.0-6_amd64.deb | gccgo-8-multilib_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 26 | gdc-8_8.3.0-6_amd64.deb | gdc-8_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 27 | gdc-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | gdc-8-dbgsym_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 28 | gdc-8-multilib_8.3.0-6_amd64.deb | gdc-8-multilib_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 29 | gfortran-8_8.3.0-6_amd64.deb | gfortran-8_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 30 | gfortran-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | gfortran-8-dbgsym_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 31 | gfortran-8-multilib_8.3.0-6_amd64.deb | gfortran-8-multilib_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 32 | gnat-8_8.3.0-6_amd64.deb | gnat-8_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 33 | gnat-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | gnat-8-dbgsym_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 34 | gnat-8-slj_8.3.0-6_amd64.deb | gnat-8-slj_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 35 | gobjc++-8_8.3.0-6_amd64.deb | gobjc++-8_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 36 | gobjc-8_8.3.0-6_amd64.deb | gobjc-8_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 37 | gobjc++-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | gobjc++-8-dbgsym_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 38 | gobjc-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | gobjc-8-dbgsym_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 39 | gobjc++-8-multilib_8.3.0-6_amd64.deb | gobjc++-8-multilib_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 40 | gobjc-8-multilib_8.3.0-6_amd64.deb | gobjc-8-multilib_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 41 | lib32asan5_8.3.0-6_amd64.deb | lib32asan5_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 42 | lib32asan5-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32asan5-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |

| SN | Machine-1 | Machine-3 | Staats |
|----|---------------------------------------|---|--------|
| 43 | lib32atomic1_8.3.0-6_amd64.deb | lib32atomic1_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 44 | lib32atomic1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32atomic1-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 45 | lib32gcc1_8.3.0-6_amd64.deb | lib32gcc1_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 46 | lib32gcc1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32gcc1-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 47 | lib32gcc-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | lib32gcc-8-dev_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 48 | lib32gfortran5_8.3.0-6_amd64.deb | lib32gfortran5_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 49 | lib32gfortran5-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32gfortran5-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 50 | lib32gfortran-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | lib32gfortran-8-dev_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 51 | lib32go13_8.3.0-6_amd64.deb | lib32go13_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 52 | lib32go13-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32go13-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 53 | lib32gomp1_8.3.0-6_amd64.deb | lib32gomp1_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 54 | lib32gomp1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32gomp1-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 55 | lib32gphobos76_8.3.0-6_amd64.deb | lib32gphobos76_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 56 | lib32gphobos76-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32gphobos76-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 57 | lib32gphobos-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | lib32gphobos-8-dev_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 58 | lib32itm1_8.3.0-6_amd64.deb | lib32itm1_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 59 | lib32itm1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32itm1-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 60 | lib32lsan0_8.3.0-6_amd64.deb | lib32lsan0_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 61 | lib32lsan0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32lsan0-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 62 | lib32mpx2_8.3.0-6_amd64.deb | lib32mpx2_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |

| SN | Machine-1 | Machine-3 | Stauts |
|----|--------------------------------------|--|--------|
| 63 | lib32mpx2-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32mpx2-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 64 | lib32objc4_8.3.0-6_amd64.deb | lib32objc4_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 65 | lib32objc4-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32objc4-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 66 | lib32objc-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | lib32objc-8-dev_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 67 | lib32quadmath0_8.3.0-6_amd64.deb | lib32quadmath0_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 68 | lib32quadmath0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32quadmath0-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 69 | lib32stdc++6_8.3.0-6_amd64.deb | lib32stdc++6_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 70 | lib32stdc++6-8-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32stdc++6-8-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 71 | lib32stdc++-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | lib32stdc++-8-dev_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 72 | lib32ubsan1_8.3.0-6_amd64.deb | lib32ubsan1_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 73 | lib32ubsan1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32ubsan1-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 74 | libasan5_8.3.0-6_amd64.deb | libasan5_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 75 | libasan5-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libasan5-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 76 | libatomic1_8.3.0-6_amd64.deb | libatomic1_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 77 | libatomic1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libatomic1-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 78 | libcc1-0_8.3.0-6_amd64.deb | libcc1-0_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 79 | libcc1-0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libcc1-0-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 80 | libgcc1_8.3.0-6_amd64.deb | libgcc1_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 81 | libgcc1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libgcc1-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 82 | libgcc-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libgcc-8-dev_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |

| SN | Machine-1 | Machine-3 | Stauts |
|-----|--|--|--------|
| 83 | libgccjit0_8.3.0-6_amd64.deb | libgccjit0_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 84 | libgccjit0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libgccjit0-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 85 | libgccjit-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libgccjit-8-dev_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 86 | libgccjit-8-doc_8.3.0-6_all.deb | libgccjit-8-doc_8.3.0.7-1+dde_all.deb | |
| 87 | libgfortran5_8.3.0-6_amd64.deb | libgfortran5_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 88 | libgfortran5-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libgfortran5-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 89 | libgfortran-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libgfortran-8-dev_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 90 | libgnat-8_8.3.0-6_amd64.deb | libgnat-8_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 91 | libgnat-8-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libgnat-8-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 92 | libgnatvs8_8.3.0-6_amd64.deb | libgnatvs8_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 93 | libgnatvs8-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libgnatvs8-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 94 | libgnatvs8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libgnatvs8-dev_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 95 | libgo13_8.3.0-6_amd64.deb | libgo13_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 96 | libgo13-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libgo13-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 97 | libgomp1_8.3.0-6_amd64.deb | libgomp1_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 98 | libgomp1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libgomp1-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 99 | libgomp-plugin-nvptx1_8.3.0-6_amd64.deb | libgomp-plugin-nvptx1_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 100 | libgomp-plugin-nvptx1-dbgSYM_8.3.0-6_amd64.deb | libgomp-plugin-nvptx1-dbgSYM_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 101 | libgphobos76_8.3.0-6_amd64.deb | libgphobos76_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 102 | libgphobos76-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libgphobos76-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 103 | libgphobos-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libgphobos-8-dev_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |

| SN | Machine-1 | Machine-3 | Stauts |
|-----|-------------------------------------|---|--------|
| 104 | libhsail-rt0_8.3.0-6_amd64.deb | libhsail-rt0_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 105 | libhsail-rt0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libhsail-rt0-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 106 | libhsail-rt-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libhsail-rt-8-dev_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 107 | libitm1_8.3.0-6_amd64.deb | libitm1_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 108 | libitm1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libitm1-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 109 | liblsan0_8.3.0-6_amd64.deb | liblsan0_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 110 | liblsan0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | liblsan0-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 111 | libmpx2_8.3.0-6_amd64.deb | libmpx2_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 112 | libmpx2-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libmpx2-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 113 | libobjc4_8.3.0-6_amd64.deb | libobjc4_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 114 | libobjc4-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libobjc4-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 115 | libobjc-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libobjc-8-dev_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 116 | libquadmath0_8.3.0-6_amd64.deb | libquadmath0_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 117 | libquadmath0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libquadmath0-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 118 | libstdc++6_8.3.0-6_amd64.deb | libstdc++6_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 119 | libstdc++6-8-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libstdc++6-8-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 120 | libstdc++-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libstdc++-8-dev_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 121 | libstdc++-8-doc_8.3.0-6_all.deb | libstdc++-8-doc_8.3.0.7-1+dde_all.deb | |
| 122 | libstdc++-8-pic_8.3.0-6_amd64.deb | libstdc++-8-pic_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 123 | libtsan0_8.3.0-6_amd64.deb | libtsan0_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 124 | libtsan0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libtsan0-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |

| SN | Machine-1 | Machine-3 | Stauts |
|-----|--|--|--------|
| 125 | libubsan1_8.3.0-6_amd64.deb | libubsan1_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 126 | libubsan1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libubsan1-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 127 | libx32asan5_8.3.0-6_amd64.deb | libx32asan5_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 128 | libx32asan5-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libx32asan5-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 129 | libx32atomic1_8.3.0-6_amd64.deb | libx32atomic1_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 130 | libx32atomic1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libx32atomic1-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 131 | libx32gcc1_8.3.0-6_amd64.deb | libx32gcc1_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 132 | libx32gcc1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libx32gcc1-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 133 | libx32gcc-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libx32gcc-8-dev_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 134 | libx32gfortran5_8.3.0-6_amd64.deb | libx32gfortran5_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 135 | libx32gfortran5-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libx32gfortran5-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 136 | libx32gfortran-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libx32gfortran-8-dev_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 137 | libx32go13_8.3.0-6_amd64.deb | libx32go13_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 138 | libx32go13-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libx32go13-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 139 | libx32gomp1_8.3.0-6_amd64.deb | libx32gomp1_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 140 | libx32gomp1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libx32gomp1-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 141 | libx32gphobos76_8.3.0-6_amd64.deb | libx32gphobos76_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 142 | libx32gphobos76-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libx32gphobos76-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 143 | libx32gphobos-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libx32gphobos-8-dev_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |

| SN | Machine-1 | Machine-3 | Staats |
|-----|---------------------------------------|---|--------|
| 144 | libx32itm1_8.3.0-6_amd64.deb | libx32itm1_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 145 | libx32itm1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libx32itm1-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 146 | libx32lsan0_8.3.0-6_amd64.deb | libx32lsan0_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 147 | libx32lsan0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libx32lsan0-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 148 | libx32objc4_8.3.0-6_amd64.deb | libx32objc4_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 149 | libx32objc4-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libx32objc4-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 150 | libx32objc-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libx32objc-8-dev_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 151 | libx32quadmath0_8.3.0-6_amd64.deb | libx32quadmath0_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 152 | libx32quadmath0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libx32quadmath0-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 153 | libx32stdc++6_8.3.0-6_amd64.deb | libx32stdc++6_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 154 | libx32stdc++6-8-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libx32stdc++6-8-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 155 | libx32stdc++-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libx32stdc++-8-dev_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 156 | libx32ubsan1_8.3.0-6_amd64.deb | libx32ubsan1_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |
| 157 | libx32ubsan1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libx32ubsan1-dbg_8.3.0.7-1+dde_amd64.deb | |

6.3.3 Debian和龙芯系统

| Machine | OS | Arch |
|-----------|-----------------------------|-------------|
| Machine-1 | Debian GNU/Linux 10 | amd64 |
| Machine-2 | Debian GNU/Linux 10 | arm64 |
| Machine-4 | Loongnix GNU/Linux 20 Beta9 | amd64 |
| Machine-5 | Loongnix GNU/Linux 20 Beta9 | loongarch64 |

| SN | Machine-1 | Machine-4 | Stauts |
|----|---|--|--------|
| 1 | cpp-8_8.3.0-6_amd64.deb | cpp-8_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 2 | cpp-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | cpp-8-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 3 | fixincludes_8.3.0-6_amd64.deb | fixincludes_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 4 | fixincludes-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | fixincludes-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 5 | g++-8_8.3.0-6_amd64.deb | g++-8_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 6 | g++-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | g++-8-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 7 | g++-8-multilib_8.3.0-6_amd64.deb | g++-8-multilib_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 8 | gcc-8_8.3.0-6_amd64.deb | gcc-8_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 9 | gcc-8-base_8.3.0-6_amd64.deb | gcc-8-base_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 10 | gcc-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | gcc-8-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 11 | gcc-8-hppa64-linux-gnu_8.3.0-6_amd64.deb | gcc-8-hppa64-linux-gnu_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 12 | gcc-8-hppa64-linux-gnu-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | gcc-8-hppa64-linux-gnu-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 13 | gcc-8-locales_8.3.0-6_all.deb | gcc-8-locales_8.3.0-6.lnd.vec.27_all.deb | |
| 14 | gcc-8-multilib_8.3.0-6_amd64.deb | gcc-8-multilib_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 15 | gcc-8-offload-nvptx_8.3.0-6_amd64.deb | gcc-8-offload-nvptx_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 16 | gcc-8-offload-nvptx-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | gcc-8-offload-nvptx-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 17 | gcc-8-plugin-dev_8.3.0-6_amd64.deb | gcc-8-plugin-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 18 | gcc-8-plugin-dev-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | gcc-8-plugin-dev-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 19 | gcc-8-source_8.3.0-6_all.deb | gcc-8-source_8.3.0-6.lnd.vec.27_all.deb | |

| SN | Machine-1 | Machine-4 | Stauts |
|----|---------------------------------------|--|--------|
| 20 | gcc-8-test-results_8.3.0-6_amd64.deb | gcc-8-test-results_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 21 | gccbrig-8_8.3.0-6_amd64.deb | gccbrig-8_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 22 | gccbrig-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | gccbrig-8-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 23 | gccgo-8_8.3.0-6_amd64.deb | gccgo-8_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 24 | gccgo-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | gccgo-8-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 25 | gccgo-8-multilib_8.3.0-6_amd64.deb | gccgo-8-multilib_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 26 | gdc-8_8.3.0-6_amd64.deb | gdc-8_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 27 | gdc-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | gdc-8-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 28 | gdc-8-multilib_8.3.0-6_amd64.deb | gdc-8-multilib_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 29 | gfortran-8_8.3.0-6_amd64.deb | gfortran-8_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 30 | gfortran-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | gfortran-8-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 31 | gfortran-8-multilib_8.3.0-6_amd64.deb | gfortran-8-multilib_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 32 | gnat-8_8.3.0-6_amd64.deb | gnat-8_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 33 | gnat-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | gnat-8-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 34 | gnat-8-sjlj_8.3.0-6_amd64.deb | gnat-8-sjlj_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 35 | gobjc++-8_8.3.0-6_amd64.deb | gobjc++-8_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 36 | gobjc-8_8.3.0-6_amd64.deb | gobjc-8_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 37 | gobjc++-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | gobjc++-8-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 38 | gobjc-8-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | gobjc-8-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |

| SN | Machine-1 | Machine-4 | Stauts |
|----|---------------------------------------|--|--------|
| 39 | gobjc++-8-multilib_8.3.0-6_amd64.deb | gobjc++-8-multilib_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 40 | gobjc-8-multilib_8.3.0-6_amd64.deb | gobjc-8-multilib_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 41 | lib32asan5_8.3.0-6_amd64.deb | lib32asan5_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 42 | lib32asan5-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32asan5-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 43 | lib32atomic1_8.3.0-6_amd64.deb | lib32atomic1_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 44 | lib32atomic1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32atomic1-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 45 | lib32gcc1_8.3.0-6_amd64.deb | lib32gcc1_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 46 | lib32gcc1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32gcc1-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 47 | lib32gcc-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | lib32gcc-8-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 48 | lib32gfortran5_8.3.0-6_amd64.deb | lib32gfortran5_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 49 | lib32gfortran5-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32gfortran5-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 50 | lib32gfortran-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | lib32gfortran-8-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 51 | lib32go13_8.3.0-6_amd64.deb | lib32go13_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 52 | lib32go13-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32go13-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 53 | lib32gomp1_8.3.0-6_amd64.deb | lib32gomp1_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 54 | lib32gomp1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32gomp1-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 55 | lib32gphobos76_8.3.0-6_amd64.deb | lib32gphobos76_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 56 | lib32gphobos76-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32gphobos76-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 57 | lib32gphobos-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | lib32gphobos-8-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |

| SN | Machine-1 | Machine-4 | Stauts |
|----|--------------------------------------|---|--------|
| 58 | lib32itm1_8.3.0-6_amd64.deb | lib32itm1_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 59 | lib32itm1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32itm1-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 60 | lib32lsan0_8.3.0-6_amd64.deb | lib32lsan0_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 61 | lib32lsan0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32lsan0-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 62 | lib32mpx2_8.3.0-6_amd64.deb | lib32mpx2_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 63 | lib32mpx2-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32mpx2-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 64 | lib32objc4_8.3.0-6_amd64.deb | lib32objc4_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 65 | lib32objc4-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32objc4-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 66 | lib32objc-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | lib32objc-8-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 67 | lib32quadmath0_8.3.0-6_amd64.deb | lib32quadmath0_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 68 | lib32quadmath0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32quadmath0-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 69 | lib32stdc++6_8.3.0-6_amd64.deb | lib32stdc++6_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 70 | lib32stdc++6-8-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32stdc++6-8-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 71 | lib32stdc++-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | lib32stdc++-8-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 72 | lib32ubsan1_8.3.0-6_amd64.deb | lib32ubsan1_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 73 | lib32ubsan1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | lib32ubsan1-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 74 | libasan5_8.3.0-6_amd64.deb | libasan5_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 75 | libasan5-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libasan5-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 76 | libatomic1_8.3.0-6_amd64.deb | libatomic1_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |

| SN | Machine-1 | Machine-4 | Stauts |
|----|-------------------------------------|--|--------|
| 77 | libatomic1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libatomic1-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 78 | libcc1-0_8.3.0-6_amd64.deb | libcc1-0_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 79 | libcc1-0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libcc1-0-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 80 | libgcc1_8.3.0-6_amd64.deb | libgcc1_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 81 | libgcc1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libgcc1-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 82 | libgcc-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libgcc-8-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 83 | libgccjit0_8.3.0-6_amd64.deb | libgccjit0_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 84 | libgccjit0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libgccjit0-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 85 | libgccjit-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libgccjit-8-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 86 | libgccjit-8-doc_8.3.0-6_all.deb | libgccjit-8-doc_8.3.0-6.lnd.vec.27_all.deb | |
| 87 | libgfortran5_8.3.0-6_amd64.deb | libgfortran5_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 88 | libgfortran5-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libgfortran5-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 89 | libgfortran-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libgfortran-8-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 90 | libgnat-8_8.3.0-6_amd64.deb | libgnat-8_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 91 | libgnat-8-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libgnat-8-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 92 | libgnatvs8_8.3.0-6_amd64.deb | libgnatvs8_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 93 | libgnatvs8-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libgnatvs8-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 94 | libgnatvs8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libgnatvs8-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 95 | libgo13_8.3.0-6_amd64.deb | libgo13_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |

| SN | Machine-1 | Machine-4 | Stauts |
|-----|--|---|--------|
| 96 | libgo13-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libgo13-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 97 | libgomp1_8.3.0-6_amd64.deb | libgomp1_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 98 | libgomp1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libgomp1-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 99 | libgomp-plugin-nvptx1_8.3.0-6_amd64.deb | libgomp-plugin-nvptx1_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 100 | libgomp-plugin-nvptx1-dbgSYM_8.3.0-6_amd64.deb | libgomp-plugin-nvptx1-dbgSYM_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 101 | libgphobos76_8.3.0-6_amd64.deb | libgphobos76_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 102 | libgphobos76-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libgphobos76-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 103 | libgphobos-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libgphobos-8-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 104 | libhsail-rt0_8.3.0-6_amd64.deb | libhsail-rt0_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 105 | libhsail-rt0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libhsail-rt0-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 106 | libhsail-rt-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libhsail-rt-8-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 107 | libitm1_8.3.0-6_amd64.deb | libitm1_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 108 | libitm1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libitm1-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 109 | liblsan0_8.3.0-6_amd64.deb | liblsan0_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 110 | liblsan0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | liblsan0-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 111 | libmpx2_8.3.0-6_amd64.deb | libmpx2_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 112 | libmpx2-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libmpx2-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 113 | libobjc4_8.3.0-6_amd64.deb | libobjc4_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 114 | libobjc4-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libobjc4-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |

| SN | Machine-1 | Machine-4 | Stauts |
|-----|-------------------------------------|--|--------|
| 115 | libobjc-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libobjc-8-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 116 | libquadmath0_8.3.0-6_amd64.deb | libquadmath0_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 117 | libquadmath0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libquadmath0-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 118 | libstdc++6_8.3.0-6_amd64.deb | libstdc++6_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 119 | libstdc++6-8-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libstdc++6-8-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 120 | libstdc++-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libstdc++-8-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 121 | libstdc++-8-doc_8.3.0-6_all.deb | libstdc++-8-doc_8.3.0-6.lnd.vec.27_all.deb | |
| 122 | libstdc++-8-pic_8.3.0-6_amd64.deb | libstdc++-8-pic_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 123 | libtsan0_8.3.0-6_amd64.deb | libtsan0_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 124 | libtsan0-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libtsan0-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 125 | libubsan1_8.3.0-6_amd64.deb | libubsan1_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 126 | libubsan1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libubsan1-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 127 | libx32asan5_8.3.0-6_amd64.deb | libx32asan5_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 128 | libx32asan5-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libx32asan5-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 129 | libx32atomic1_8.3.0-6_amd64.deb | libx32atomic1_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 130 | libx32atomic1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libx32atomic1-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 131 | libx32gcc1_8.3.0-6_amd64.deb | libx32gcc1_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 132 | libx32gcc1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libx32gcc1-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 133 | libx32gcc-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libx32gcc-8-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |

| SN | Machine-1 | Machine-4 | Stauts |
|-----|--|---|--------|
| 134 | libx32gfortran5_8.3.0-6_amd64.deb | libx32gfortran5_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 135 | libx32gfortran5-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | libx32gfortran5-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 136 | libx32gfortran-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libx32gfortran-8-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 137 | libx32go13_8.3.0-6_amd64.deb | libx32go13_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 138 | libx32go13-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | libx32go13-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 139 | libx32gomp1_8.3.0-6_amd64.deb | libx32gomp1_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 140 | libx32gomp1-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | libx32gomp1-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 141 | libx32gphobos76_8.3.0-6_amd64.deb | libx32gphobos76_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 142 | libx32gphobos76-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | libx32gphobos76-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 143 | libx32gphobos-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libx32gphobos-8-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 144 | libx32itm1_8.3.0-6_amd64.deb | libx32itm1_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 145 | libx32itm1-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | libx32itm1-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 146 | libx32lsan0_8.3.0-6_amd64.deb | libx32lsan0_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 147 | libx32lsan0-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | libx32lsan0-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 148 | libx32objc4_8.3.0-6_amd64.deb | libx32objc4_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 149 | libx32objc4-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | libx32objc4-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 150 | libx32objc-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libx32objc-8-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 151 | libx32quadmath0_8.3.0-6_amd64.deb | libx32quadmath0_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 152 | libx32quadmath0-dbgsym_8.3.0-6_amd64.deb | libx32quadmath0-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |

| SN | Machine-1 | Machine-4 | Stauts |
|-----|---------------------------------------|--|--------|
| 153 | libx32stdc++6_8.3.0-6_amd64.deb | libx32stdc++6_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 154 | libx32stdc++6-8-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libx32stdc++6-8-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 155 | libx32stdc++-8-dev_8.3.0-6_amd64.deb | libx32stdc++-8-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 156 | libx32ubsan1_8.3.0-6_amd64.deb | libx32ubsan1_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |
| 157 | libx32ubsan1-dbg_8.3.0-6_amd64.deb | libx32ubsan1-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_amd64.deb | |

| SN | Machine-2 | Machine-5 | DD |
|----|---|--|-----|
| 1 | cpp-8_8.3.0-6_arm64.deb | cpp-8_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 2 | cpp-8-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | cpp-8-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 3 | fixincludes_8.3.0-6_arm64.deb | fixincludes_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 4 | fixincludes-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | fixincludes-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 5 | g++-8_8.3.0-6_arm64.deb | g++-8_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 6 | g++-8-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | g++-8-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 7 | gcc-8_8.3.0-6_arm64.deb | gcc-8_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 8 | gcc-8-base_8.3.0-6_arm64.deb | gcc-8-base_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 9 | gcc-8-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | gcc-8-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 10 | gcc-8-locales_8.3.0-6_all.deb | gcc-8-locales_8.3.0-6.lnd.vec.27_all.deb | |
| 11 | gcc-8-plugin-dev_8.3.0-6_arm64.deb | gcc-8-plugin-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 12 | gcc-8-plugin-dev-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | gcc-8-plugin-dev-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 13 | gcc-8-source_8.3.0-6_all.deb | gcc-8-source_8.3.0-6.lnd.vec.27_all.deb | |
| 14 | gcc-8-test-results_8.3.0-6_arm64.deb | gcc-8-test-results_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 15 | gccgo-8_8.3.0-6_arm64.deb | | Go |
| 16 | gccgo-8-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | | Go |
| 17 | gdc-8_8.3.0-6_arm64.deb | | D |
| 18 | gdc-8-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | | D |
| 19 | gfortran-8_8.3.0-6_arm64.deb | gfortran-8_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 20 | gfortran-8-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | gfortran-8-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 21 | gnat-8_8.3.0-6_arm64.deb | | Ada |
| 22 | gnat-8-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | | Ada |

| SN | Machine-2 | Machine-5 | DD |
|----|-------------------------------------|--|------|
| 23 | gnat-8-sjlj_8.3.0-6_arm64.deb | | Ada |
| 24 | gobjc++-8_8.3.0-6_arm64.deb | | ObjC |
| 25 | gobjc-8_8.3.0-6_arm64.deb | | ObjC |
| 26 | gobjc++-8-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | | ObjC |
| 27 | gobjc-8-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | | ObjC |
| 28 | libasan5_8.3.0-6_arm64.deb | | ASan |
| 29 | libasan5-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | | ASan |
| 30 | libatomic1_8.3.0-6_arm64.deb | libatomic1_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 31 | libatomic1-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | libatomic1-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 32 | libcc1-0_8.3.0-6_arm64.deb | libcc1-0_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 33 | libcc1-0-dbgsym_8.3.0-6_arm64.deb | libcc1-0-dbgsym_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 34 | libgcc1_8.3.0-6_arm64.deb | libgcc1_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 35 | libgcc1-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | libgcc1-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 36 | libgcc-8-dev_8.3.0-6_arm64.deb | libgcc-8-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 37 | libgccjit0_8.3.0-6_arm64.deb | libgccjit0_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 38 | libgccjit0-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | libgccjit0-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 39 | libgccjit-8-dev_8.3.0-6_arm64.deb | libgccjit-8-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 40 | libgccjit-8-doc_8.3.0-6_all.deb | libgccjit-8-doc_8.3.0-6.lnd.vec.27_all.deb | |
| 41 | libgfortran5_8.3.0-6_arm64.deb | libgfortran5_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 42 | libgfortran5-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | libgfortran5-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 43 | libgfortran-8-dev_8.3.0-6_arm64.deb | libgfortran-8-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |

| SN | Machine-2 | Machine-5 | DD |
|----|------------------------------------|---|------|
| 44 | libgnat-8_8.3.0-6_arm64.deb | | Ada |
| 45 | libgnat-8-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | | Ada |
| 46 | libgnatvs8_8.3.0-6_arm64.deb | | Ada |
| 47 | libgnatvs8-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | | Ada |
| 48 | libgnatvs8-dev_8.3.0-6_arm64.deb | | Ada |
| 49 | libgo13_8.3.0-6_arm64.deb | | Go |
| 50 | libgo13-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | | Go |
| 51 | libgomp1_8.3.0-6_arm64.deb | libgomp1_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 52 | libgomp1-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | libgomp1-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 53 | libitm1_8.3.0-6_arm64.deb | | Itm |
| 54 | libitm1-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | | Itm |
| 55 | liblsan0_8.3.0-6_arm64.deb | | ASan |
| 56 | liblsan0-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | | Asan |
| 57 | libobjc4_8.3.0-6_arm64.deb | | ObjC |
| 58 | libobjc4-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | | ObjC |
| 59 | libobjc-8-dev_8.3.0-6_arm64.deb | | ObjC |
| 60 | libstdc++6_8.3.0-6_arm64.deb | libstdc++6_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 61 | libstdc++6-8-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | libstdc++6-8-dbg_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 62 | libstdc++-8-dev_8.3.0-6_arm64.deb | libstdc++-8-dev_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |
| 63 | libstdc++-8-doc_8.3.0-6_all.deb | libstdc++-8-doc_8.3.0-6.lnd.vec.27_all.deb | |
| 64 | libstdc++-8-pic_8.3.0-6_arm64.deb | libstdc++-8-pic_8.3.0-6.lnd.vec.27_loongarch64.deb | |

| SN | Machine-2 | Machine-5 | DD |
|----|---------------------------------|-----------|------|
| 65 | libtsan0_8.3.0-6_arm64.deb | | ASan |
| 66 | libtsan0-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | | ASan |
| 67 | libubsan1_8.3.0-6_arm64.deb | | ASan |
| 68 | libubsan1-dbg_8.3.0-6_arm64.deb | | ASan |

从上面表格 Machine-2 和 Machine-5 的差异对比来看：可以看到当 loongarch64 以 arm64 的方式靠近时，缺失的包就会变少，总计 35 个。因此，为了便于今后的管理维护，这里以 arm64 为旗标进行移植工作。

6.3.4 统信UOS和龙芯系统

| Machine | OS | Arch |
|-----------|-----------------------------|-------------|
| Machine-5 | Loongnix GNU/Linux 20 Beta9 | loongarch64 |
| Machine-6 | UnionTech OS GNU/Linux 20 | loongarch64 |

6.4 移植流程

现在我们已经得到了装有可用系统的 loongarc64 机器，所以可以在 loongarch64 架构下可以以原生编译的方式在纯净的源码中移植 GCC，这里使用 Machine-5作为移植环境。

| Machine-5 | Size |
|--------------|-----------------------------|
| Architecture | loongarch 64 |
| Memory | 8 GB |
| Harddisk | 256 GB |
| OS | Loongnix GNU/Linux 20 Beta9 |
| User | uos |

1. 准备源码

```

uos@uos-PC:~$ mkdir GCC-Workdir/
# 工作环境
uos@uos-PC:~$ cd GCC-Workdir/
# 切换路径
uos@uos-PC:~/GCC-Workdir$ mkdir srcdir
# 源码路径
uos@uos-PC:~/GCC-Workdir$ mkdir objdir
# 编译路径
uos@uos-PC:~/GCC-Workdir$ mkdir insdir
# 安装路径
uos@uos-PC:~/GCC-Workdir$ cd srcdir
# 切换路径
uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/srcdir$ wget https://ftp.gnu.org/gnu/gcc/gcc-
8.3.0/gcc-8.3.0.tar.xz # 获取源码
uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/srcdir$ tar xvf gcc-8.3.0.tar.xz

uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/srcdir$ cd gcc-8.3.0
uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/srcdir/gcc-8.3.0$ ./contrib/download_prerequisites
# 解决依赖
uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/srcdir/gcc-8.3.0$ cd ../../
# 切换路径

```

2. 编译系统添加支持

```

uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/srcdir/gcc-8.3.0$ config.guess
uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/srcdir/gcc-8.3.0$ config.sub
uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/srcdir/gcc-8.3.0$ config.configure

```

3. 源码主体添加支持

```

uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/srcdir/gcc-8.3.0/gcc$ config.gcc
uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/srcdir/gcc-8.3.0/gcc$ config.host

uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/srcdir/gcc-8.3.0/gcc/config$ mkdir loongarch64
uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/srcdir/gcc-8.3.0/gcc/config/loongarch64$

uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/srcdir/gcc-8.3.0/gcc/config/loongarch64$ ls -al
drwxr-xr-x  2 uos uos   4096 3月  23 17:05 .
drwxr-xr-x 53 uos uos   8192 3月  4 11:41 ..
-rw-r--r--  1 uos uos  12445 3月  4 11:41 constraints.md
-rw-r--r--  1 uos uos   2306 3月  4 11:41 driver-native.c
-rw-r--r--  1 uos uos   1614 3月  4 11:41 elf.h
-rw-r--r--  1 uos uos   7845 3月  4 11:41 frame-header-opt.c
-rw-r--r--  1 uos uos   3091 3月  4 11:41 generic.md
-rwxr-xr-x  1 uos uos   3365 3月  4 11:41 genopt.sh
-rw-r--r--  1 uos uos   4308 3月  4 11:41 gnu-user.h
-rw-r--r--  1 uos uos  13980 3月  4 11:41 larchintrin.h
-rw-r--r--  1 uos uos 224276 3月  4 11:41 lasxintrin.h
-rw-r--r--  1 uos uos 159602 3月  4 11:41 lasx.md
-rw-r--r--  1 uos uos   2354 3月  4 11:41 linux-common.h
-rw-r--r--  1 uos uos   1177 3月  4 11:41 linux.h
-rw-r--r--  1 uos uos 153081 3月  4 11:41 loongarch-builtins.c
-rw-r--r--  1 uos uos 299687 3月  4 11:41 loongarch.c
-rw-r--r--  1 uos uos   4018 3月  4 11:41 loongarch-c.c
-rw-r--r--  1 uos uos   1360 3月  4 11:41 loongarch-cpus.def
-rw-r--r--  1 uos uos    976 3月  4 11:41 loongarch-d.c

```

```

-rw-r--r-- 1 uos uos 27478 3月 4 11:41 loongarch-ftypes.def
-rw-r--r-- 1 uos uos 78050 3月 4 11:41 loongarch.h
-rw-r--r-- 1 uos uos 134729 3月 4 11:41 loongarch.md
-rw-r--r-- 1 uos uos 2462 3月 4 11:41 loongarch-modes.def
-rw-r--r-- 1 uos uos 4909 3月 4 11:41 loongarch.opt
-rw-r--r-- 1 uos uos 966 3月 4 11:41 loongarch-opts.h
-rw-r--r-- 1 uos uos 12164 3月 4 11:41 loongarch-protos.h
-rw-r--r-- 1 uos uos 1169 3月 4 11:41 loongarch-tables.opt
-rw-r--r-- 1 uos uos 36918 3月 4 11:41 lsx2.md
-rw-r--r-- 1 uos uos 214647 3月 4 11:41 lsxintrin.h
-rw-r--r-- 1 uos uos 100127 3月 4 11:41 lsx.md
-rw-r--r-- 1 uos uos 2855 3月 4 11:41 lvzintrin.h
-rw-r--r-- 1 uos uos 1961 3月 4 11:41 lvz.md
-rw-r--r-- 1 uos uos 21223 3月 4 11:41 predicates.md
-rw-r--r-- 1 uos uos 1440 3月 4 11:41 rtems.h
-rw-r--r-- 1 uos uos 996 3月 4 11:41 sde.opt
-rw-r--r-- 1 uos uos 19666 3月 4 11:41 sync.md
-rw-r--r-- 1 uos uos 905 3月 4 11:41 t-linux
-rw-r--r-- 1 uos uos 2020 3月 4 11:41 t-loongarch
-rw-r--r-- 1 uos uos 157 3月 4 11:41 x-native

```

4. 运行时库添加支持

1. libgcc:

```

uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/srcdir/gcc-8.3.0/libgcc$config.host

uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/srcdir/gcc-8.3.0/libgcc/config$mkdir
loongarch64
uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/srcdir/gcc-8.3.0/libgcc/config/loongarch64$ls -
al
drwxr-xr-x 2 uos uos 249 3月 4 11:41 .
drwxr-xr-x 54 uos uos 4096 3月 4 11:41 ..
-rw-r--r-- 1 uos uos 1691 3月 4 11:41 crtfastmath.c
-rw-r--r-- 1 uos uos 1407 3月 4 11:41 crti.S
-rw-r--r-- 1 uos uos 1282 3月 4 11:41 crtn.S
-rw-r--r-- 1 uos uos 5649 3月 4 11:41 gthr-loongnixsde.h
-rw-r--r-- 1 uos uos 983 3月 4 11:41 lib2funcs.c
-rw-r--r-- 1 uos uos 2599 3月 4 11:41 linux-unwind.h
-rw-r--r-- 1 uos uos 4932 3月 4 11:41 sfp-machine.h
-rw-r--r-- 1 uos uos 312 3月 4 11:41 t-crtstuff
-rw-r--r-- 1 uos uos 124 3月 4 11:41 t-elf
-rw-r--r-- 1 uos uos 203 3月 4 11:41 t-loongarch
-rw-r--r-- 1 uos uos 23 3月 4 11:41 t-loongarch64
-rw-r--r-- 1 uos uos 90 3月 4 11:41 t-sdemtk
-rw-r--r-- 1 uos uos 88 3月 4 11:41 t-softfp-tf

```

2. libffi:

libffi 对 Go 语言支持的偏向底层的库，需要单独移植。

3. go:

这里添加对 Go 的前段支持，Google 的 Golang 开发团队，专门在 Github 上留下了应用到 GCC 的代码分支 gfortran。

4. libgo:

```
# libgo 是 Go 语言的运行时库，来自于 gfortran。
```

5. 其他:

```
# 顶层路径下：几乎包含了当前 GCC 所支持的全部语言的运行库，如：  
libcc1, libcpp, libgfortran, libobjc 等；另外还有一些工具程序，gnattools 对 Ada  
编译器的工具支持，c++tools 对 C++ 的工具程序。
```

5. 编译测试

1. c/c++

```
uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/objdir$ ../srcdir/gcc-8.3.0/configure --enable-  
langauges=c,c++
```

2. go

```
uos@uos-PC:~/GCC-Workdir/objdir$ ../srcdir/gcc-8.3.0/configure --enable-  
langauges=c,c++,go
```

7. DFSG 规范

Debian 的 DFSG 对 GCC 的管理主要体现在 debian 路径下的规则文件中，这些规则中的信息在编译时会被 GNU 的配置系统接收，进而传递用于重写 GCC 中的 configure 文件，这样 DFSG 就实现了对 GCC 的编译控制。

7.1 硬件架构的控制

DFSG 通过向 debian/rules.patch 中写入条件选择，根据对 DEB_TARGET_ARCH 的值的判断，打入支持不同硬件架构的 patch 文件，比如对于 loongarch64 架构下，可以进行这样的调整：

```
ifneq (, $(filter $(DEB_TARGET_ARCH), loongarch64))  
debian_patches += patch-1 \  
                patch-2 \  
                patch-3  
endif
```

7.2 语言和库的控制

DFSG 对 GCC 将要支持的语言和所生成的包通过 rules.def 文件进行控制，它的实现是首先将 GCC 进行完整功能的编译，然后按照控制选项将编译生成的结果打包成不同的 DEB 包，提供给用户使用。在 6.3.4 小结的上一个表中的第三列做了一个包和语言的归属简单描述，下面的内容表示了 GCC 在 loongarch64 架构中的部分语言打包策略：

```
# 对 Objective 的支持， Switch:  
...  
objc_no_archs = loongarch64
```



```

...

# 对 D 的支持, Switch:
...
d_no_cpus := loonagrch64
...

# 对 asan 的支持, Switch:
...
asan_archs =
...

# 对 lsan 的支持, Switch:
...
lsan_archs =
...

# 对 Ada 的支持, Switch:
...
ada_no_cpus :=
...

# 对 Go 的支持, Switch:
...
go_no_cpus :=
...

```

DFSG 除了可以控制 GCC 已经支持的语言外, 还可以通过外挂的方式增加对编程语言的支持。比如, 统信 UOS 的基线版本是 gcc-8.3.0, 可是我们看到在 1.2 演化部分的表格中 gcc-8.x.x 中有 c、ada、brig、c、c++、fortran、go、lto、objc、obj-c++, 唯独没有对 D 语言的支持, 但是 debian 却自己添加了对 D 的支持, 这就是为什么我们解包 gcc-8 的 dsc 文件会在路径下生成 gdc-xxx 文件的原因。

8. 总结

本次对 GCC 的移植编译, 主要是在龙芯已经移植的基础上进行的二次开发, 龙芯现阶段开放的 GCC 只包含对了 C, C++, Fortran 还有一些相关库的支持, 但对在其他架构中存在的 Ada, Objective-C/C++, Go 等却并没有实现支持。我在将龙芯的 GCC 修改以 Patch 的形式合入到我们的 GCC 当中后, 进行了剩余语言的支持开发。这里由于龙芯的 loongarch64 架构是 RISC-V 的, 所以我选择以 arm64 为对齐准线。对于 Objective-C/C++ 的支持, 我做了一些修改, 也生成了 gobject-* 和 libgobjc-* 等包, 但是在使用它们进行自测的时候会有内存链接的问题报出, 同样的, 在对 Go 的支持中, 我添加了龙芯在 libffi 和 golang 中的修改并合并了 Google 的 Golang 中的 gfortend 源码部分, 也生成了 gccgo, 但依然存在链接报错, 另外我还移植了 Ada 以及 ASan 内存管理工具等。目前来说, 龙芯他们自己对 GCC 中的移植并没有全面涵盖完整的 GCC 功能, 另外 gccgo 目前龙芯已经放弃, 转向 Golang 的原生编译器 gc 的移植开发中。总之, 如果我们不想过度依赖龙芯的进度, 就必须要有自己对这个架构有更多的资料和认识, 否则就算我们可以生成包解决掉依赖关系, 最终也无法确定是否会引入其他隐藏的问题。本文主要提供一个对 GCC 的整体认识, 一些操作演示, 一些移植案例, 以供读者鉴戒。

参考资料

1. [编译器](#)
2. [GCC 历史](#)
3. [GCC 官网](#)
4. [GCC 源码](#)
5. [GNU Compiler Collection](#)
6. [GCC 在线手册](#)
7. [Anatomy of a Language Front End](#)
8. [Anatomy of a Target Back End](#)
9. [GCC 安装配置](#)
10. [GCC 内部讲义- 印度理工大学](#)
11. [GCC 编译安装依赖](#)