大家晚上好，我是严昕宇。今天我和大家研讨与分享的主题是RISC-V，一个基于**精简指令集**原则的**开源指令集架构。**

**首先，让我们回顾和了解几个有关指令集的基本概念。**

刚刚我提到了RISC-V是一个开源指令集架构，那什么是指令集架构呢？指令集架构（Instruction Set Architecture，ISA），又称指令集或指令集体系，是计算机体系结构中与程序设计有关的部分，包含了基本数据类型，指令集，寄存器，寻址模式，存储体系，中断，异常处理以及外部I/O。微处理器中常见的指令集架构有以下四种：复杂指令集（CISC）精简指令集（RISC）、显式并行指令集（EPIC）和超长指令字指令集运算（VLIW）。其中的复杂指令集（CISC）和精简指令集（RISC）更广为人知

复杂指令集计算机（Complex Instruction Set Computer），（简译为复杂指令集）体系结构的设计策略是使用大量的指令，包括复杂指令。与其他设计相比，在CISC中进行程序设计要比在其他设计中容易，因为每一项简单或复杂的任务都有一条对应的指令。例如我们常用的英特尔生产的x86系列（也就是IA-32架构）CPU及其兼容CPU，如AMD、VIA的。即使是现在新起的X86-64（也被称为AMD64）都是属于CISC的范畴。

其实一开始CPU处理器都是CISC复杂指令集架构，但随着时间推移，越来越多的指令加入，指令集越搞越复杂。复杂指令集的三个明显缺陷开始暴露了：

第一、设计实太复杂，这就要求硬件越来越高的集成度。

第二、每个指令的执行时间长短不一，CPU内部很难实现流水作业。

第三、为了处理复杂指令集，CPU内部需要集成的晶体管越来越多，功耗高。

1975年，IBM研究中心的研究员们开始研究复杂指令集的合理性问题，著名的二八原则也被运用到了计算机中，即整个指令集中，只有约20％的指令常常会被使用到，大约占了整个程序的80％，剩余80％的指令，只占了整个程序的20％。1979年RISC精简指令集的主张被正式提出。

精简指令集计算机（Reduced Instruction Set Computer，）或简译为精简指令集。RISC结构优先选取使用频率最高的简单指令，避免复杂指令；将指令长度固定，指令格式和寻地方式种类减少；以控制逻辑为主，不用或少用微码控制等措施来提高运算速度，可以见右边。目前常见的精简指令集微处理器包括ARM MIPS PowerPC RISC-V和SPARC等。

前面已经讲述了很多基于RISC的微处理器，那为什么RISC-V需要，而且还会被广泛关注呢。这就涉及到了推出RISC-V的源动力

在芯片领域，应用范围最广的指令集都是收费的（X86基本不对外授权，[ARM](https://so.csdn.net/so/search?q=ARM&spm=1001.2101.3001.7020)费用相当不菲。所以芯片设计领域迫切需要一个行业认可的，高品质的指令集，它应该是OPEN的，免费的，一个世界范围可以参考使用的芯片指令标准。这时候就要求出现一个新的指令集。而RISC-V因此应运而生。而RISC-V

RISC-V 最早源自 2010 年夏天美国加州大学伯克利分校 Krste Asanović 教授主持的一个关于开源计算机系统的研究项目。在为新项目选择指令集的时候，他们发现，x86指令集被Intel控制得死死的，ARM指令集的授权费又非常贵，MIPS、PowerPC也存在知识产权问题。因此他们决定自己发明一套开源的指令集。

第一部分中，对RISC-V发展的背景进行了描述，通过与CISC架构的比较，以及与其他RISC架构的比较，将RISC-V的重要性和优势简单列了出来。接下来在第二部分中将简单介绍RISC-V的指令特点及。

第一点是简洁性。

在IC的设计工作中，简洁通常意味着可靠、高效。IC设计的最终目标都是产出芯片，而芯片从设计到制造的周期一般都比较长，并且不同于软件开发可以后期通过打补丁来修复，其试错的成本极其高昂。所以简洁就意味着出错的概率低，出成果的效率高。

相对X86足足几千页的指令集手册，RISC-V是相当的简洁。打开RISC-V官网查看RISC-V的“指令集手册，当前版本一共是238页。我们可以对比一下，相比ARM和X86架构动辄上千页的指令集手册，RISC-V展现了“Simple is Better Than Complex”的哲学。

但是简洁不代表功能的缺失，RISC-V并没有因为简化指令集而削减部分功能，而是采用了模块化的设计思路，做到成本，功耗，性能等方面的平衡。

RISC-V模块化思想的核心有：

RV32I是固定的，永远不会改变。RISC-V的核心是一个名为RV32I的基础ISA，运行一个完整的软件栈。这为编译器编写者，操作系统开发人员和汇编语言程序员提供了稳定的目标。

这个是RV32I的指令图示。把带下划线的字母从左到右连接就组成了 RV32I 指令。例如，左上角附近的符号表示以下六个指令：and，or，xor，andi，ori，xori。

RISC-V模块化思想的核心还有，模块化来源于可选的标准扩展，根据应用程序的需要，硬件可以包含或不包含这些扩展。模块化的RISC-V架构使得用户能够灵活选择不同的模块组合，以满足不同的应用场景，可以说是“面面俱到”。例如小面积低功耗嵌入式场景可以选择RV32IC组合的指令集，仅使用Machine Mode（机器模式），而在高性能应用操作系统场景，可以选择如RV32IMFDC的指令集，使用Machine Mode（机器模式）与User Mode（用户模式）两种模式。且共同部分互相兼容。这种模块化特性使得RISC-V具有了袖珍化、低能耗的特点，而这对于嵌入式应用可能至关重要。因为RISC-V编译器得知当前硬件包含哪些扩展后，便可以生成当前硬件条件下的最佳代码。】

而且RISC-V的模块发展，只会是出于科技的原因，由基金会决定，即使添加了新的模块，是否选择使用的权力，还是在用户手中。右边图中列举了最新的全部模块，Draft为草案状态，Ratified为批准状态

RISC-V的指令特点的第三点是其独特的工作模式，也称特权模式。RISC-V架构定义了**三种工作模式——机器模式、监督模式、和用户模式。**

关于RISC-V本身的特点还有很多，例如：简洁的存储器访问指令、高效的分支跳转指令、简洁的子程序调用、无条件码执行、无分支延迟槽（Delay Slot）、无零开销硬件循环（Zero Overhead HardwareLoop）、简洁的运算指令、优雅的压缩指令子集、特权模式（机器模式M Mode；监督模式S Mode；用户模式U Mode）、矢量指令子集、自定义指令扩展等。就不在此一一赘述。下面以表格的形式将RISC-V设计时从其它指令集中所汲取的经验展示出一部分，供大家参考。

第三部分是RISC-V前沿进展的一些分享与介绍。开源技术作为全球科技产业发展的一大驱动力，在新兴领域倍受推崇，开源 RISC-V 指令集架构尤为受到关注。目前，全球范围内已有部分国家根据自身需要布局卡位，支持 RISC-V 架构芯片研究及生态构建。

**美国主要强调 RISC-V 指令集在智能装备芯片领域的战略应用。**

美国国防高级研究计划局（DARPA）启动“电子复兴计划”，连续多年对 RISC-V 指令集的研究和产业化应用给予专项支持。Intel也在开发基于RISC-V架构的处理器。SIFIVE公司是RISC-V指令集的行业先驱。2015年，伯克利研究团队成立了SiFive初创公司，加速RISC-V的商业化进程。2018年SIFIVE推出了全球第一款运行 Linux的HIFIVE开发板。SiFive 公司与 DARPA 达成开放许可协议授权，SiFive 加入“DARPA 工具箱计划”（DARPA Toolbox Initiative）为 DARPA 项目参与者提供基于 RISC-V 的32 位和 64 位内核访问，以支持 DARPA 项目中应用程序和嵌入式应用的研发。

**欧盟主要注重 RISC-V 与高性能计算的结合，推出“欧洲处理器计划”（，拟开发面向欧洲市场的自主可控低功耗微处理器，降低欧洲超级计算行业对外国科技公司的依赖。**

RISC-V在中国的火热程度甚至超过美国，这背后也有地缘政治的原因。伴随着中美之间的贸易摩擦，科技冷战也开始打响。美国政府加大美国先进技术对中国企业的出口管制，迫使中国高科技企业寻求自主创新之道。因此，中国众多企业与科研院所试图通过 RISC-V 打破芯片领域技术封锁。2018年11月，在世界互联网大会上成立了中国开放指令生态（RISC-V）联盟。在此之后，阿里巴巴旗下的平头哥半导体（T-Head）推出了的全球最强的RISC-V芯片——玄铁910，且在去年在此芯片上流畅运行了安卓系统。

2021年1月13日，塞昉科技发布了全球首款基于开源Linux操作系统的RISC-V单板计算机——昉·星光AI单板计算机（Beagle-V）。塞昉科技CEO徐滔表示：“星光是全球首款用于边缘计算的、为Linux操作系统量身定做的RISC-V AI单板计算机。星光的问世，是RISC-V应用领域的一大突破，也是RISC-V 结合AI应用进入单板计算机领域的里程碑。

首届RISC-V中国峰会上，中科院大学教授、中科院计算所研究员包云岗，发布了**开源高性能RISC-V处理器核心——香山**。这款处理器的RTL代码于2021年4月完成，已经在7月15日基于TSMC28nm工艺流片，目前频率为1.3GHz。

我国本土已建立了 RISC-V 联盟，阿里巴巴公司、华为公司、中国科学院计算所、中国科学院软件研究所、清华大学、浙江大学等国内机构也已相继加入 RISC-V 芯片研发阵营并发布多款 RISC-V 芯片产品。中国学术界和产业界已成为推动 RISC-V 生态发展的重要力量，相信RISC-V将在不远的未来起到决定性的作用。

以下是我参考的一些文献与资料。其中RISC-V官方手册很详细的介绍了此开源指令集，其中文版也由上文提到的包云岗老师等一批教授翻译发布在官网上，如果有兴趣可以前去下载阅读。

我今天的分享就到这里，谢谢大家。如有错漏之处，请大家指正。