

## 42-总线：计算机内部的高速公路

专栏讲到现在，如果我再问你，计算机五大组成部分是什么，应该没有人不知道了吧？我们这一节要讲的内容，依然要围绕这五大部分，控制器、运算器、存储器、输入设备和输出设备。

CPU所代表的控制器和运算器，要和存储器，也就是我们的主内存，以及输入和输出设备进行通信。那问题来了，CPU从我们的键盘、鼠标接收输入信号，向显示器输出信号，这之间究竟是怎么通信的呢？换句话说，计算机是用什么样的方式来完成，CPU和内存、以及外部输入输出设备的通信呢？

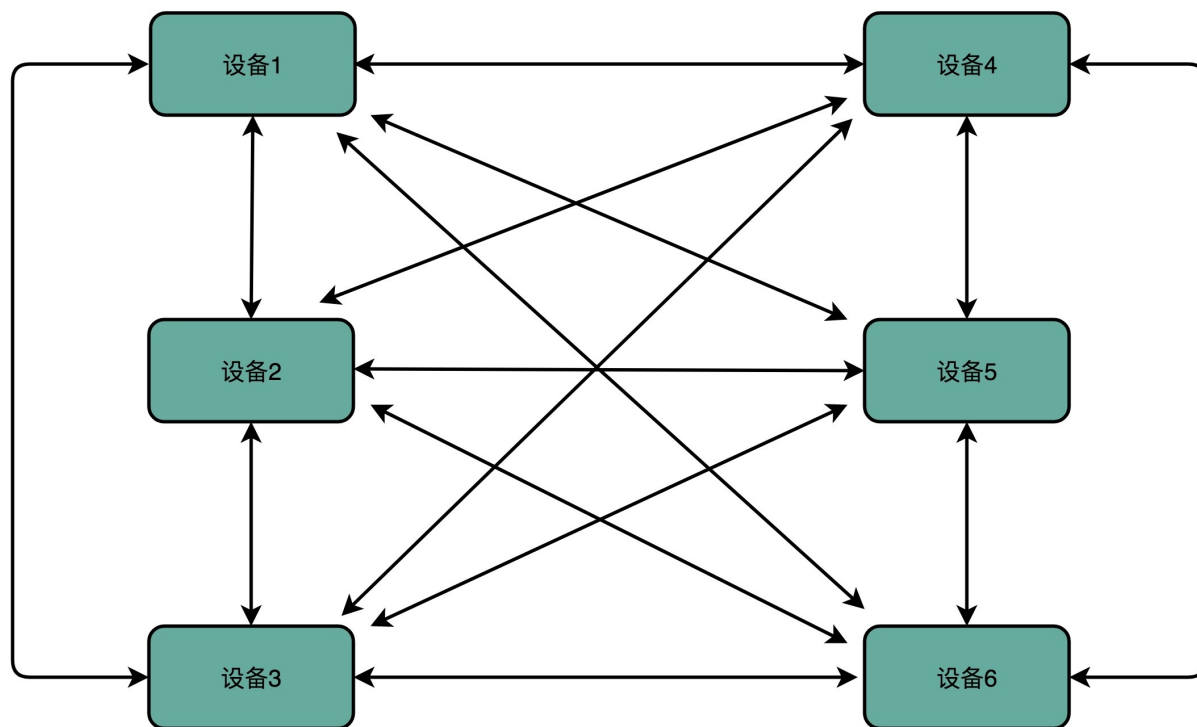
这个问题就是我们今天要讲的主题，也就是**总线**。之前很多同学留言问，我什么时候会讲一讲总线。那这一讲，你就要听仔细了。

### 降低复杂性：总线的设计思路来源

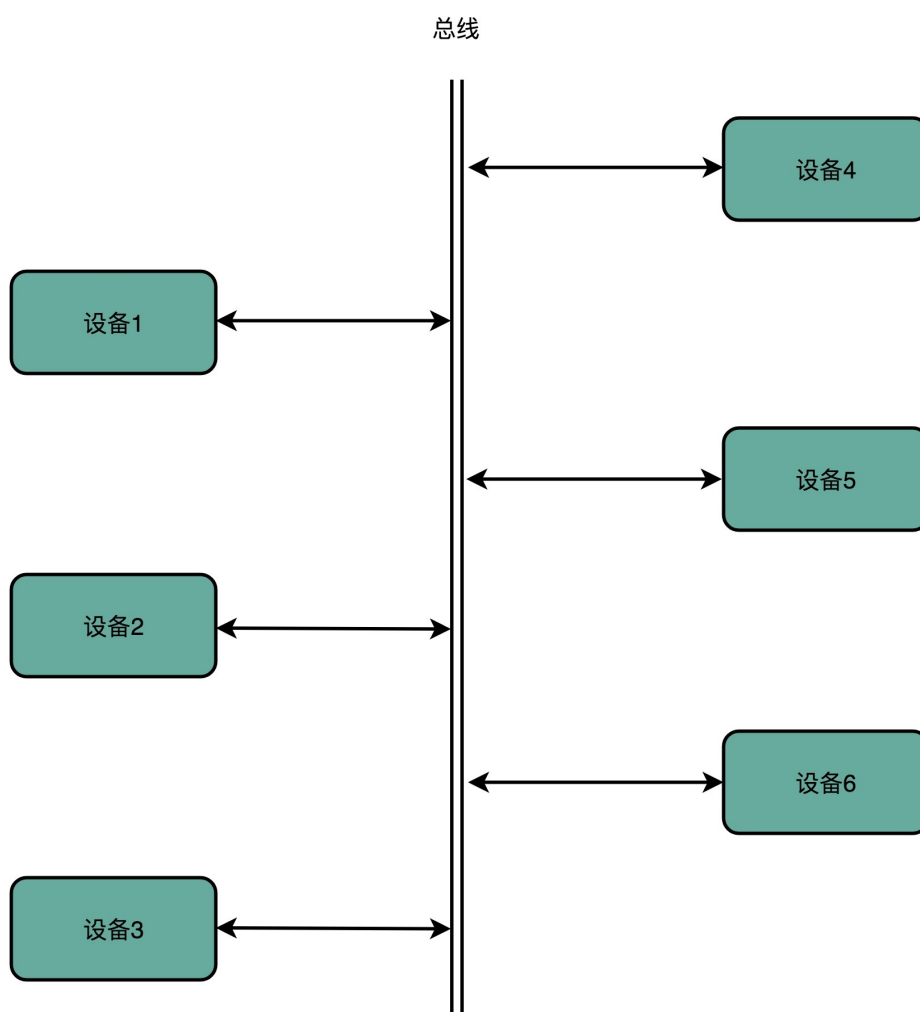
计算机里其实有很多不同的硬件设备，除了CPU和内存之外，我们还有大量的输入输出设备。可以说，你计算机上的每一个接口，键盘、鼠标、显示器、硬盘，乃至通过USB接口连接的各种外部设备，都对应了一个设备或者模块。

如果各个设备间的通信，都是互相之间单独进行的。如果我们有 $N$ 个不同的设备，他们之间需要各自单独连接，那么系统复杂度就会变成 $N^2$ 。每一个设备或者功能电路模块，都要和其他 $N-1$ 个设备去通信。为了简化系统的复杂度，我们就引入了总线，把这个 $N^2$ 的复杂度，变成一个 $N$ 的复杂度。

那怎么降低复杂度呢？与其让各个设备之间互相单独通信，不如我们去设计一个公用的线路。CPU想要和什么设备通信，通信的指令是什么，对应的数据是什么，都发送到这个线路上；设备要向CPU发送什么信息呢，也发送到这个线路上。这个线路就好像一个高速公路，各个设备和其他设备之间，不需要单独建公路，只建一条小路通向这条高速公路就好了。



N平方的复杂度



N的复杂度

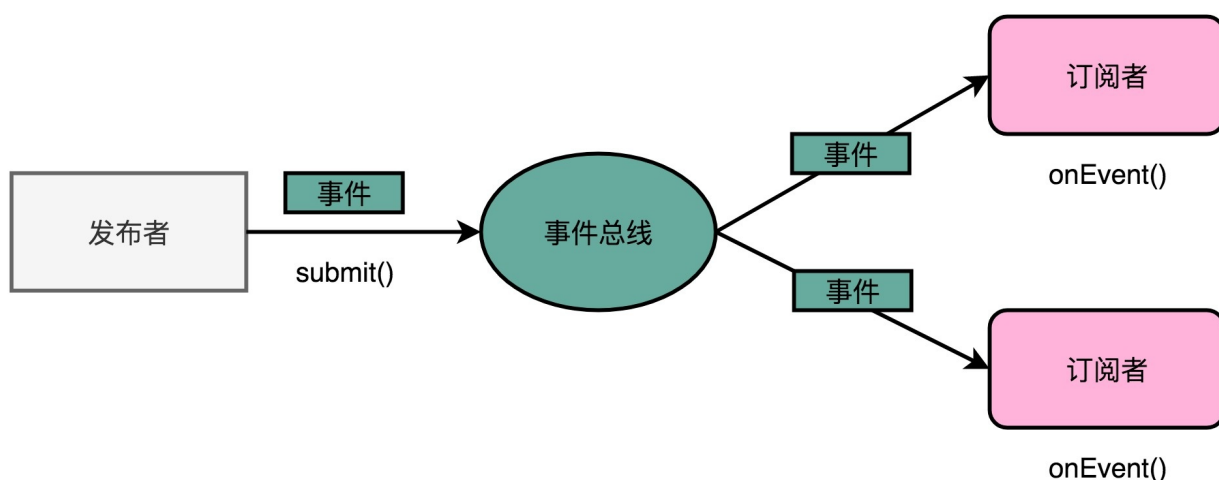
这个设计思路，就是我们今天要说的**总线**（Bus）。

总线，其实就是一组线路。我们的CPU、内存以及输入和输出设备，都是通过这组线路，进行相互间通信的。总线的英文叫作Bus，就是一辆公交车。这个名字很好地描述了总线的含义。我们的“公交车”的各个站点，就是各个接入设备。要想向一个设备传输数据，我们只要把数据放上公交车，在对应的车站下车就可以了。

其实，对应的设计思路，在软件开发中也是非常常见的。我们在做大型系统开发的过程中，经常会用到一种叫作事件总线（Event Bus）的设计模式。

进行大规模应用系统开发的时候，系统中的各个组件之间也需要相互通信。模块之间如果是两两之间单独去定义协议，这个软件系统一样会遇到一个复杂度变成了 $N^2$ 的问题。所以常见的一个解决方案，就是事件总线这个设计模式。

在事件总线这个设计模式里，各个模块触发对应的事件，并把事件对象发送到总线上。也就是说，每个模块都是一个发布者（Publisher）。而各个模块也会把自己注册到总线上，去监听总线上的事件，并根据事件的对象类型或者是对象内容，来决定自己是否要进行特定的处理或者响应。



这样的设计下，注册在总线上的各个模块就是松耦合的。模块互相之间并没有依赖关系。无论代码的维护，还是未来的扩展，都会很方便。

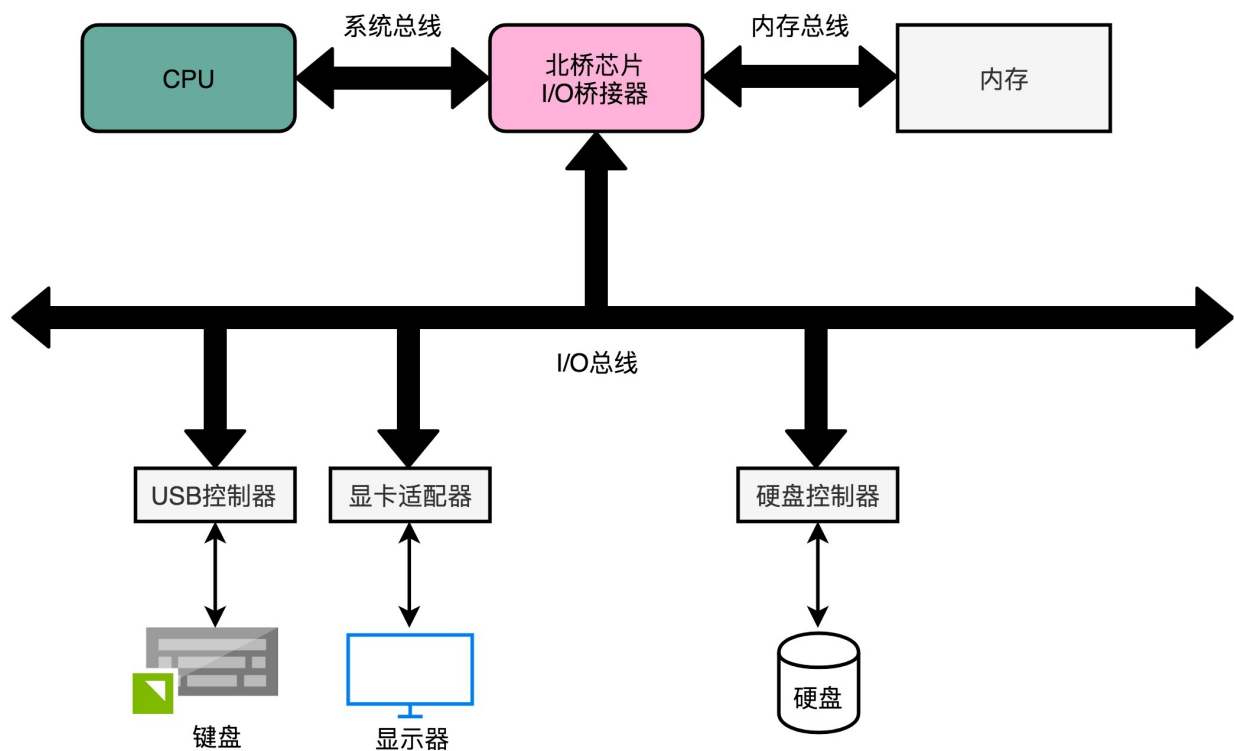
## 理解总线：三种线路和多总线架构

理解了总线的设计概念，我们来看看，总线在实际的计算机硬件里面，到底是什么样。

现代的Intel CPU的体系结构里面，通常有好几条总线。

首先，CPU和内存以及高速缓存通信的总线，这里面通常有两种总线。这种方式，我们称之为**双独立总线**（Dual Independent Bus，缩写为DIB）。CPU里，有一个快速的**本地总线**（Local Bus），以及一个速度相对较慢的**前端总线**（Front-side Bus）。

我们在前面几讲刚刚讲过，现代的CPU里，通常有专门的高速缓存芯片。这里的高速本地总线，就是用来和高速缓存通信的。而前端总线，则是用来和主内存以及输入输出设备通信的。有时候，我们会把本地总线也叫作**后端总线**（Back-side Bus），和前面的前端总线对应起来。而前端总线也有很多其他名字，比如处理器总线（Processor Bus）、内存总线（Memory Bus）。

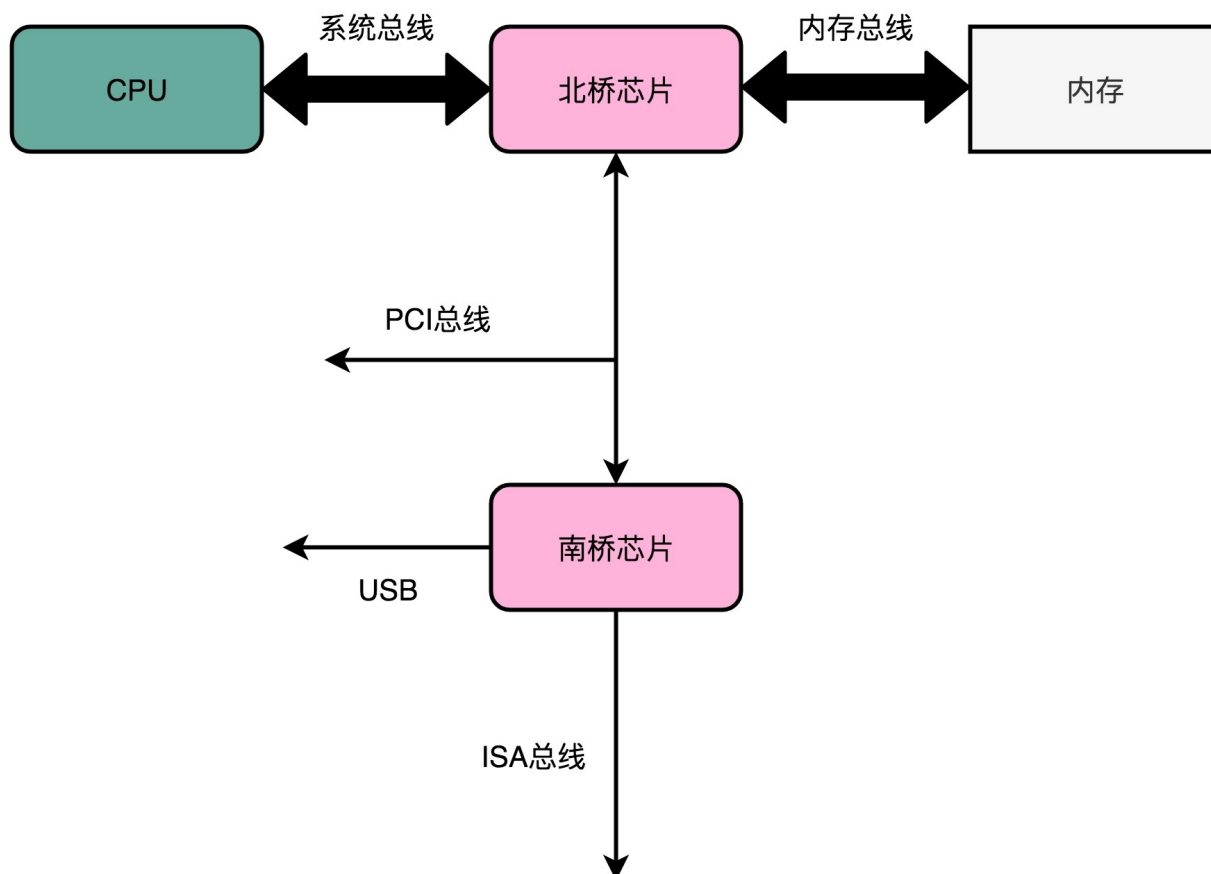


除了前端总线呢，我们常常还会听到PCI总线、I/O总线或者系统总线（System Bus）。看到这么多总线的名字，你是不是已经有点晕了。这些名词确实容易混为一谈。其实各种总线的命名一直都很混乱，我们不如直接来看一看CPU的硬件架构图。对照图来看，一切问题就都清楚了。

CPU里面的北桥芯片，把我们上面说的前端总线，一分为二，变成了三个总线。

我们的前端总线，其实就是**系统总线**。CPU里面的内存接口，直接和系统总线通信，然后系统总线再接入一个I/O桥接器（I/O Bridge）。这个I/O桥接器，一边接入了我们的内存总线，使得我们的CPU和内存通信；另一边呢，又接入了一个I/O总线，用来连接I/O设备。

事实上，真实的计算机里，这个总线层面拆分得更细。根据不同的设备，还会分成独立的PCI总线、ISA总线等等。



在物理层面，其实我们完全可以把总线看作一组“电线”。不过呢，这些电线之间也是有分工的，我们通常有三类线路。

1. 数据线（Data Bus），用来传输实际的数据信息，也就是实际上了公交车的“人”。
2. 地址线（Address Bus），用来确定到底把数据传输到哪里去，是内存的某个位置，还是某一个I/O设备。这个其实就相当于拿了个纸条，写下了上面的人要下车的站点。
3. 控制线（Control Bus），用来控制对于总线的访问。虽然我们把总线比喻成了一辆公交车。那么有人想要做公交车的时候，需要告诉公交车司机，这个就是我们的控制信号。

尽管总线减少了设备之间的耦合，也降低了系统设计的复杂度，但同时也带来了一个新问题，那就是总线不能**同时**给多个设备提供通信功能。

我们的总线是很多个设备公用的，那多个设备都想要用总线，我们就需要有一个机制，去决定这种情况下，到底把总线给哪一个设备用。这个机制，就叫作**总线裁决**（Bus Arbitration）。总线裁决的机制有很多种不同的实现，如果你对这个实现的细节感兴趣，可以去看一看Wiki里面关于[裁决器](#)的对应条目，这里我们就不多说了。

## 总结延伸

好了，你现在明白计算机里的总线、各种不同的总线到底是什么意思了吧？希望这一讲能够帮你厘清计算机总线的知识点。现在我们一起总结梳理一下这节的内容。

这一讲，我为你讲解了计算机里各个不同的组件之间用来通信的渠道，也就是总线。总线的设计思路，核心是为了减少多个模块之间交互的复杂性和耦合度。实际上，总线这个设计思路在我们的软件开发过程中也经常被用到。事件总线就是我们常见的一个设计模式，通常事件总线也会和订阅者发布者模式结合起来，成

为大型系统的各个松耦合的模块之间交互的一种主要模式。

在实际的硬件层面，总线其实就是一组连接电路的线路。因为不同设备之间的速度有差异，所以一台计算机里面往往会有多个总线。常见的就有在CPU内部和高速缓存通信的本地总线，以及和外部I/O设备以及内存通信的前端总线。

前端总线通常也被叫作系统总线。它可以通过一个I/O桥接器，拆分成两个总线，分别来和I/O设备以及内存通信。自然，这样拆开的两个总线，就叫作I/O总线和内存总线。总线本身的电路功能，又可以拆分成用来传输数据的数据线、用来传输地址的地址线，以及用来传输控制信号的控制线。

总线是一个各个接入的设备公用的线路，所以自然会在各个设备之间争夺总线所有权的情况。于是，我们需要一个机制来决定让谁来使用总线，这个决策机制就是总线裁决。

## 推荐阅读

总线是一个抽象的设计模式，它不仅在我们计算机的硬件设计里出现。在日常的软件开发中，也是一个常见的设计模式，你可以去读一读Google开源的Java的一个常用的工具库Guava的[相关资料和代码](#)，进一步理解事件总线的设计模式，看看在软件层面怎么实现它。

对于计算机硬件层面的总线，很多教科书里讲得都比较少，你可以去读一读Wiki里面[总线](#)和[系统总线](#)的相关条目。

## 课后思考

2008年之后，我们的Intel CPU其实已经没有前端总线了。Intel发明了[快速通道互联](#)（Intel Quick Path Interconnect，简称为QPI）技术，替代了传统的前端总线。这个QPI技术，

你可以搜索和翻阅一下相关资料，了解一下它引入了什么新的设计理念。

欢迎在留言区分享你查阅到的资料，以及阅读之后的思考总结，和大家一起交流。如果有收获，你也可以把这篇文章分享给你的朋友。

# 深入浅出计算机组成原理

带你掌握计算机体系全貌

徐文浩 bothub 创始人



新版升级：点击「👤请朋友读」，20位好友免费读，邀请订阅更有**现金**奖励。

## 精选留言：

- 有铭 2019-08-02 10:06:51  
说到总线，我就想起了后端系统演进中，从最初的巨型单体，到具备总线的SOA，到最近完全去掉总线的微服务系统。总线这个东西在计算机体系诞生了很多年了，它虽然降低了各系统通信的复杂度，但是现在看缺点也不少，最典型的就带宽问题，某些硬件的性能提升速度，超过了总线性能的提升速度，比如典型的使用PCIE的某些硬件，而且现代计算机系统对即时响应提出了更高的要求，总线很明显制约了这个东西。我在想如果微服务这种成百上千的，相互之间调用复杂的结构在现代技术的加持下也被证明是有效的；那么如果把计算机的每个硬件抽象成1个服务，计算机硬件之间为何不能像微服务那样直接调用呢。当然硬件架构的发展比软件架构是保守和谨慎的多了。可能我这个想法也不太现实 [4赞]
- 许童童 2019-08-02 16:17:11  
老师你好，总线是否可以理解为硬件上的主板呢？
- 二妞 2019-08-02 13:41:45  
总线事件设计模式怎么看有点像观察者模式