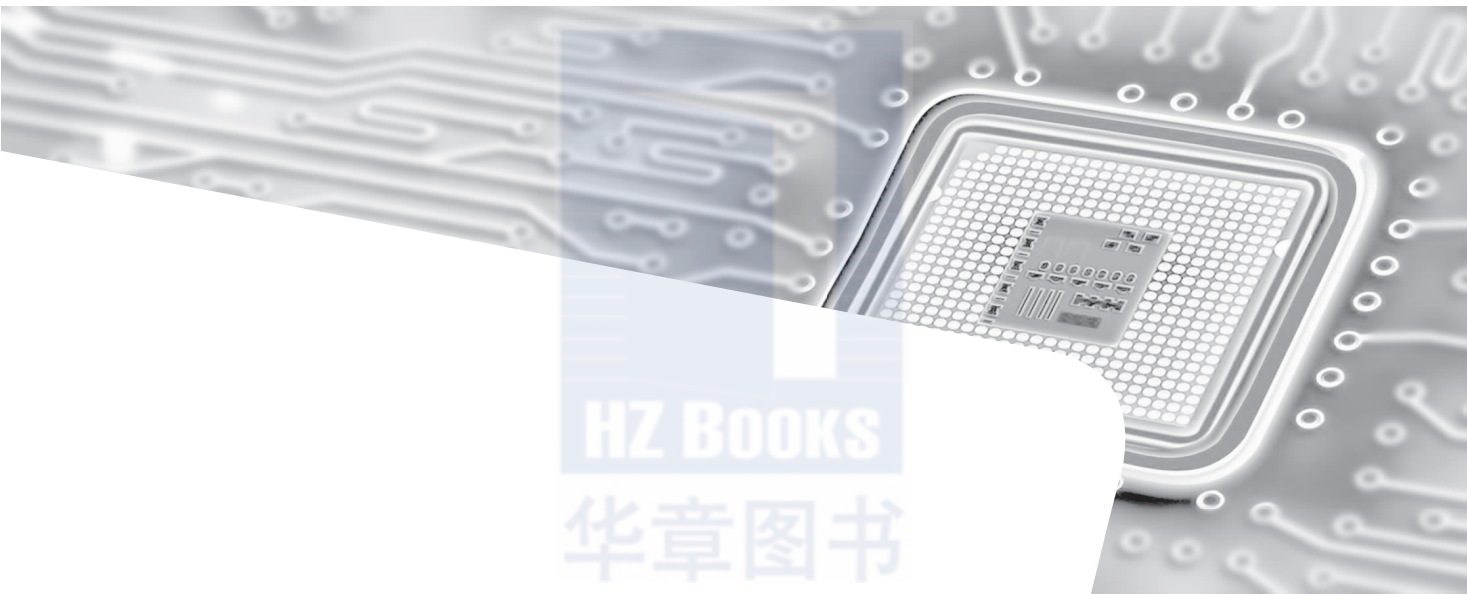


Chapter 2 第 2 章

设计与验证过程



HZ BOOKS
华章图书

亨利·罗伊斯 (Henry Royce) (以劳斯莱斯闻名) 说过: “你所做的任何事情都要力求完美。在以现有最好的为基础去完善它。如果尚不存在最好的, 那就设计一个最好的。”

为了理解以设计为前提的 MBE, 通过设计理解并界定目标非常重要, 特别是为了达到所预设的目标而采取的主要措施。

2.1 设计过程导论

如第 1 章所述, 本书的目的是介绍 MBE 所需的技术。当设计人员需要处理多种技术时, 他们需要将所有细节牢记于心, 这一点很重要, 而且为了实现成功的设计, 面向目标的方法也是很必要的。

2.2 确认、验证和需求

在设计过程中, 甚至在我们定义设计过程本身之前, 引入确认和验证的概念似乎还有点早, 事实上, 为了确定设计方向, 应该在设计过程的第一阶段就考虑确认和验证。这两个概念经常被误解和误用, 因此从设计的角度来看, 在此阶段对这两个概念给出一些关键性的定义将极其有用。如果提出“我们想要达到什么目的?”这一问题, 可以用一个基本的回答“我们要确保设计正确并且正确地完成”来应对。这是以简洁的形式所作的关于确认(做正确的事)和验证(正确地做正确的事)的非常有用的定义。当要提出需求时, 对于系统设计师来说, 理解确认和验证的区别, 以及它们的联合用法是很重要的。显然, 设计一个系统最基本的是这个系统可以“工作”——这就是确认。因此, 任何设计的第一步都是由这些确认工作驱动的, 而且确保无论做什么, 从设计过程的开始就是沿着正确的方向进行。记住这一点, 现在可以通过设计过程本身来定义目的。

从图 2.1 可看出, 客户的一个看似简单的需求如何被曲解并错误地实现, 并导致客户无法得到原本真正需要的东西(图 2.1 所示的卡通图, 从 20 世纪 60 年代开始, 在英国就已经应用在各种场合中, 并且它不属于任何人——被广泛使用了)。

从层次化设计的角度出发, 将需求分解成模块个体, 无论这些模块是电子器件或者是机械传动器, 向设计者施加严格的约束, 以确保客户的需求能贯穿各个层级的设计。这也严格地约束了设计团队, 确保当这些设计整合在一起时, 整体的设计需求都不会被遗漏掉。

取决于被建模系统的类型, 验证工作变得或多或少有些形式化。例如, 在数字电子设计领域, 存在一些形式化技术, 这些技术可以评估测试方法并标示测试的覆盖范围, 这不仅告诉设计者该测试是否已经通过, 而且告诉他们, 实际被测试的条件可能出现错误的部分。虽然在数字电子设计中, 这种技术现在已经是例程式, 但是对于其他领域的诸多设计者来说, 这肯定还是一个陌生的概念。

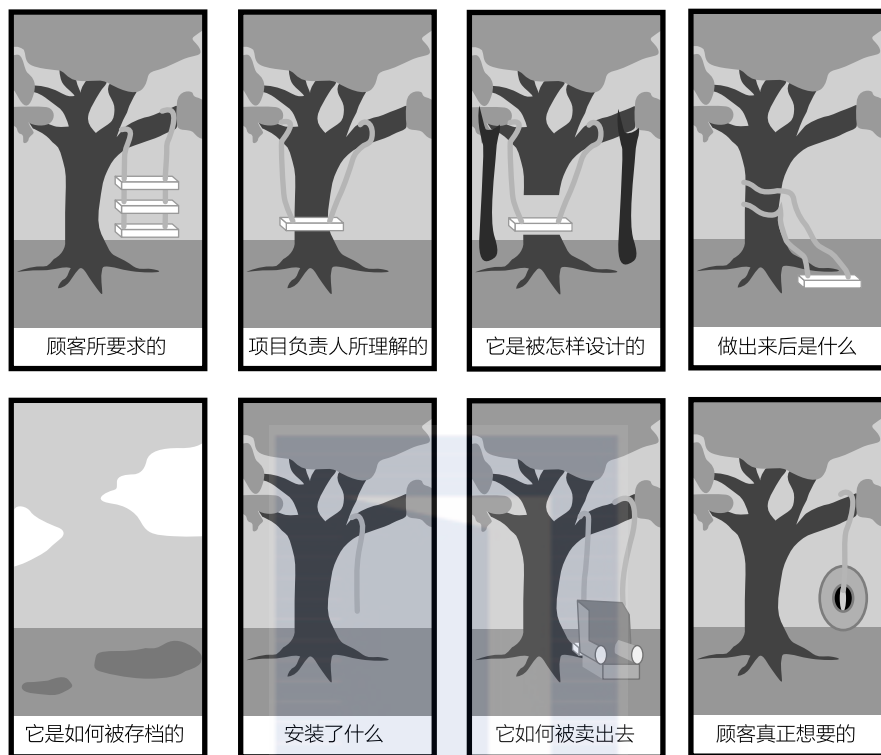


图 2.1 秋千卡通图

2.3 设计与验证过程

设计与验证过程可以遵循各种不同的路线，伴随着过去已经介绍过的不同过程选项的诸多分析。例如，充分使用框图、结构图和活动图等来描述设计过程是怎样被推进的。但是在硬件和软件设计中，从初始的规格说明开始，最佳方法是通过不断增加层级的细节来定义设计，这已经得到大家的公认。这包括有效地深入到设计细节中去，直到最终设计的单个模块可以得到详细的描述，然后逐级返回到上一层，甚至返回到整个待验证的系统。这个方法通常称作“V形图”，如图 2.2 所示。

该图包括了清晰定义的步骤，展示了在设计分解的各层上被设计模块的规格说明如何变得越来越详细和集中。沿着 V 形图的上升半边（右边），对应着相应复杂的验证方法最终直到 V 形图右

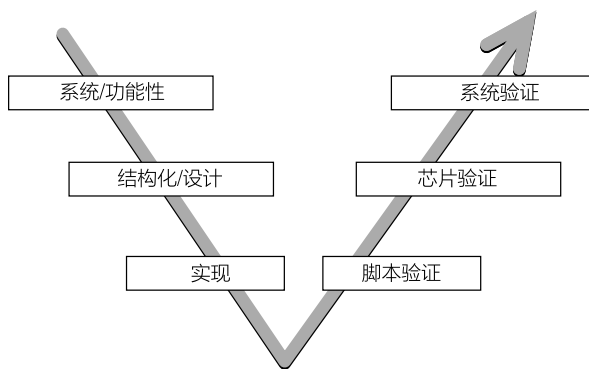


图 2.2 设计中的 V 形图

边的顶端，产品将会满足原始的设计指标说明，并且会实现设计目标。

图 2.2 呈现出一个经典的 V 形图，显示了一个孤立的设计流程，既没有与先前的设计相关的内容，也没有与当前设计的下一个设计循环相关的内容。也许这种方法的最大优点是，下一个设计循环可以利用先前或者当前的设计结果，并且能加速最终设计。考虑这样一种情况，一个产品的第一个版本已经完成，下一个版本即将开始。如果版本一的验证已经完成，版本二的设计从一个更加知情的位置开始，那么结果将是一种进步。

图 2.3 说明了这一点，尽管表面上显示的都是相同的步骤，但版本一的设计已经被放在合适的位置了。

这就引出了图 2.4 所示的“W 形图”，其中重复地进行设计迭代循环，并且逐渐地完善设计直至达到设计指标要求为止。

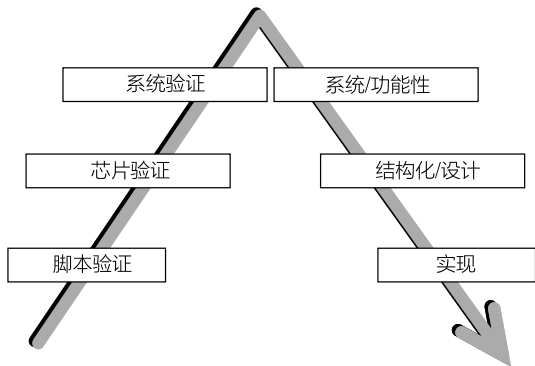


图 2.3 设计过程中的第二次重复

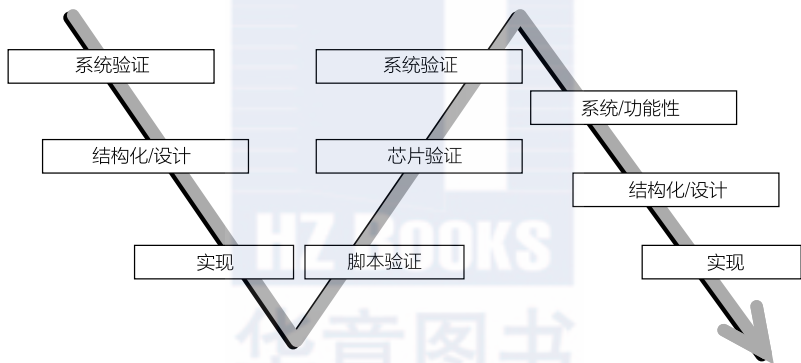


图 2.4 扩展成 W 形图

2.4 系统/功能级：可执行的规格表

进入下一个设计工作循环需要再次进入系统级，并对模型添加附加信息来解决任何已经被确定的第一次设计和验证过程中的不足。在此阶段将得到一个使这些规范说明保持完整且有意义的模型。这个模型本质上是带有输入和输出的顶层系统模型，然而，这个模型本身可以包含一个算法，而不必是实际硬件结构。让我们来观察一下 V 形图，有一点非常清晰，那就是，为了与模型相协调，设计过程需要开发一套条理连贯的测试方案与验收准则，这个验收准则需要与测试方案相一致。

初始系统设计结果中的一个关键要素在于，不论构建什么样的模型，本质上都必须概括系统的规格表。这是 MBE 的至关重要点，也是 MBE 的概念与传统的基于“文件”

的方法之区别所在。在基于文件的方法中，规格文件是需求的最初来源。与此相反，在一个真正的 MBE 案例中，需要一个可执行的规格表，这个规格表是以模型完全满足要求作为前提而存在的。这是一件非常有意义的工作，并且把责任明确到了系统级设计人员的身上，从而确保在模型中正确且完全地满足设计需求，而且从根本上可以证明事实正是如此。

在考虑一个模型中需求的覆盖时，确立需求文件的哪些方面需要被定义，以及如何验证它们以确保需求的完整性和准确性是很重要的。为了理解此重要概念，我们可以考虑一些简单的例子。

如果我想创建一个计算器，我应该怎么定义规格呢？例如，许多需求文件都是从最初的基于词汇来描述客户想要什么开始的。这可能是沿着诸如“需要一个硬件装置来允许使用者按下数字键来为诸如 $1+1=2$ 这样的计算提供方便”的路线进行的。这是一个有趣的陈述，它给出了一些基本信息，但显然遗留了许多模棱两可的地方（模棱两可是任何规格的天敌，更不用提可执行）。更仔细地考察这个陈述，我们可以确定如“需要一个硬件装置来允许使用者按下数字键……”的属性。这就定义了这是一个硬件产品，这个产品需要一定的数字键来输入数字和功能。但是，事实上这个也可以被定义为运行在标准硬件平台（如手机上）的软件应用？如果定义这就是一个标准的电子计算器，那么这些需求没有定义显示方式——可以用液晶显示器（LCD），平板显示器，或者其他的方式。

更加详细的规格定义的下一步显然是定义硬件模块图，如图 2.5 所示的形式。

在这个模块图中，很明显，单个模块的特定功能可以明确地定义，而且可以加以单独测试。然而不论采取什么方法，必须满足整个系统的需求。

规格的第二个方面是，定义正确操作的规则。这包括几个因素。第一个问题是，哪些数字是允许输入的。是基于整数的、定点的、浮点的，还是其他的？是否包含指数？小数点呢？第二个问题是，需要实现哪些令人关切的运算？是一个仅仅具有一些基本的算术计算功能的简单加/减/乘/除计算器？还是一个更加复杂的科学计算器，或者是一个图形化的函数计算器？这些方面对于产品的功能和最终产品的质量是至关重要的。

至此，有一个很明显的问题需要系统级设计师来解决：规格什么时候执行及产品的哪些方面在可执行规格中实现？比如，按钮和显示是必须包括的？还是仅需包括计算核心？

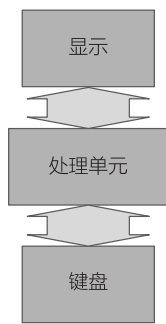


图 2.5 一个简单的电子计算器的硬件模块图

2.5 结构级

结构级模型把特定的子系统模块放到一起，并且具有准确的连接和性能。此模型或多

或至少有些抽象，但是它与将要创建的硬件直接相关。这是设计过程中一个有趣的阶段，因为此阶段需要许多在概括系统级描述方面的优秀工具，如 Matlab 软件（来自 Mathworks）。但是，它们在涉及体系结构自身方面也许很低效。如果我们定义的体系结构包含正确的输入、输出和参数，那么 HDL 将在这些功能上更有用武之地。

另一个相关问题是，一个设计（不论是硬件或者是软件）的详细结构。鉴于现代设计的复杂性，把设计划分成多个部分、模块和常规例程是司空见惯的事情。这样划分自然而然地引出了层次化设计，而层次化设计则如前所述，适用于 HDL。

就结构级设计的功能而言，它可能非常简单（转换功能级或者等价的高层次行为级）或者着手概括行为的细节，这将使其更加复杂。重要的是把模型重要的方面合并到模型中来。例如，一个放大器模型在结构级可能没有失调、功耗、延迟、压摆率或噪声这些参数的所有细节，但是，重要的是这个模型至少有正确的连接和增益，这样就可以测试信号通路了。

对于任何系统设计而言，信号通路测试都是一个重要的评估方式——一个明智的检查以确保所有的基本模块都正确无误地连接着。例如，考虑图 2.6 所示的简单设计，此图展示了用几个基本模块组成的一个简单的收发器的下变频通道。

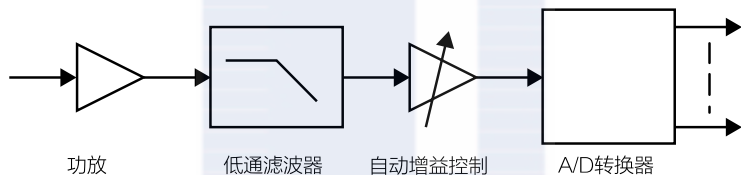


图 2.6 一个简单的下变频通道的局部图

每个模块都可以用大量的详细参数来建模，但是，为了确保所有的信号名称是正确的且连接正确，可以用一个简单的模型来把功率放大器、滤波器、自动增益控制（AGC）放大器构成一个增益模块。这就确保了连接到 A/D（模/数）转换器的信号是一致且正确的。

2.6 实现级

实现级模型的设计阶段是具体硬件设计的成型阶段。在这一级的模型将准确地定义将要制造成什么样的产品。最初的结构级模型已经有准确的连接和结构，因此，这一级的重点放在设计的更多细节上。

首先，设计师的任务是确保设计实现正确的功能。传统的方法是使用相当抽象的模型，在这个模型中采用一些数量有限的细节来建立基本的设计参数，如增益或者带宽，这些参数与规格相一致。设计师的相关任务是，确保规格是一致且准确的。在任何详细的建模或设计开始执行之前，用模型来验证设计及其规格是极具价值的。

随着所建立模型的细节层次的不断增长，可以进行更多的分析，而且可以实施更多详细的分析来确保设计符合设计要求。

2.7 基于模型的工程——一个成功之道

本章已经介绍了设计和验证过程的重要概念，现在需要了解实现机制。

这里介绍 MBE 背后的理念如何推进设计进程。V 形图就是连通设计活动的一种方式，而不用管具体的方法。我们猜想，除了比手工方法更严格和高效之外，MBE 方法也是从事这些相同活动的一种方式。在第 1 章，我们概括地介绍了这种方法，并直接把这种方法运用到设计过程中去。下面进一步深入研究完成这些任务所需要的具体技术，最后要把这些技术应用到具体的设计案例中来恰当地说明这些技术是怎么产生积极效果的。

