

建立电子设计和制造

之间的连接



PCB 设计

与以前不同了

虽然在最近的几十年里发生了巨大的变化，但是令板级设计者沉醉其中的似乎总是非凡的、专注的任务，虽然他们时不时地也会出来喝一杯咖啡或是了解一下新的设计信息。

当前，应对先进设计的第一个挑战，可能是没有了那种独立流程 — 流程对产品设计其它部分没有直接的依赖性 — 的舒适概念。与此相反，目前领先电子产品的板级设计不可避免地与设计机械部分，以及“软”的部分紧密连接。所以，所有设计规则都需要协同工作。你可能要面临这样一个无情的事实，即在一个产品合作设计的环境下，那些设计信息，甚至可能是你的咖啡，也要与别人共享。

这种变化并不突然。在板级设计及其所包含的部件不断变化的同时，这种变化的迹象都在不断出现。人们能预料到的变化不断涌现，与电子领域发生的变化 — 电路板变得更小更复杂、部件个数不断增加、时钟信号的速度不断提升、电路板层数不断增加，等等 — 的规模相同，如此同时，许多其它的变化也逐渐浮现出来，这些变化不一定遵循线性的、“更小、更快、更密”的发展顺序。

板级设计的这些变化与半导体技术发展的联系并不直接，更多的是与产品设计本身的变化相关，产品设计逐渐由多个独立的设计单元的集合向一个一体化的流程转变。

我们也可以从板级设计的其它转变找到这种变化的线索，例如，PCB更加复杂的形状、灵活的电路板感光层的引入、大规模可编程器件的使用、现在越来越多的设计中部件数目的减少等等。

这些发展的动力可以划分成两个有影响力的趋势：向“以软件为中心”的设计方法大规模迈进；产品机械设计在电路板开发过程中的影响力越来越强。这两种趋势的动力又来自于电子设计行业内部的巨大发展，并且这种发展将继续持续下去。

为了在创造未来产品的同时保持竞争力，各个领域的设计者都需要考虑产品的整体设计，同时也要注意领域之间设计数据的共享问题 — 尤其是在电子和机械设计环境之间 — 以保证自己能跟上这些发展。

变化的源动力

站在商业的视角上，电子行业的一个明显的转变是市场在销售方面和产品开发方面的全球化。许多产品或者是这些产品的关键零件的设计、生产和销售方式在全球范围内的演变可以说明这一点。这种变化的具体结果可以从已经演变成“商品”项目的低成本电子产品形态 — 就比如在你当地零售的DVD播放器 — 看出来。不管产品开发的起源在哪里，这些器件已经从一种独特的产品逐渐转变成一种应用于全世界市场的低成本普通产品。 ▶



板级设计……

沉迷的似乎总是非凡的、专注的任务, 虽然时不时地也会出来喝喝咖啡, 了解一下新的设计信息。

不管是消费类产品、工业控制器, 还是显示器装配线, 全球化 — 向单一的、激烈竞争的世界市场发展的趋势 — 创造了这样一种环境: 世界市场上的商业产品全部来自于成本最低的生产地。大大小小的公司都有

机会从世界范围内选择对成本敏感的过程, 尤其是生产和销售过程。“离岸业务”和全球产品标准化的趋势, 使得各类产品只能靠价格区分开来。

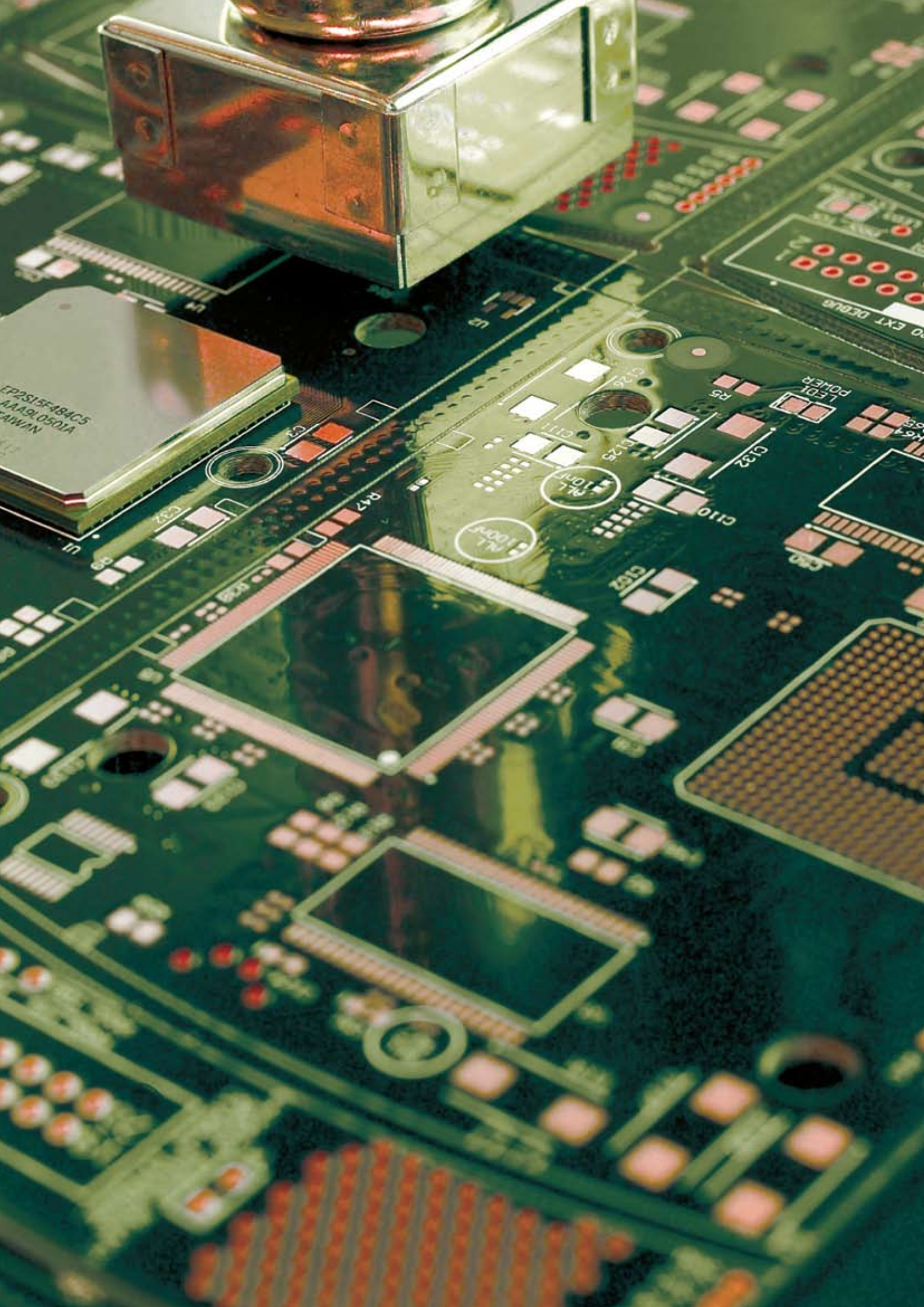
这种变化对产品的根本设想提出了挑战, 是什么使产品独特、令人满意并最终在当今高度竞争的市场中获得成功? 生产成本稍低的产品会有全球竞争力, 可能会带来暂时的市场优势, 但是迟早会有世界上其它地方生产出更加低廉的同类产品。

类似地, 引进新产品也明显只能暂时保持竞争优势, 因为其它厂家会很快赶上来分享这部分利益。这两种方法都只能带来短暂的竞争机会, 只能认为是被“生存动力”所驱使, 而不能作为获得长久产品差异化的方法。

现实是残酷的, 虽然现在板级设计有一些基本的评判标准 — 如是否满足成本、质量、截止日期和性能目标等 — 物理电子硬件本身无法为最终产品保持市场差异化。物理硬件的任何独特、新奇的属性都相对较容易被复制, 因此无法继续保持独特。另外, 设计本身使用所有部件和半成品事实上都是普遍的“日用品”, 可以被所有的设计者采用 — 一个USB模块或者屏幕界面跟其它同类产品没什么区别。

随着市场的全球化和电子商品的激增, 电子行业正逐渐迈入一个前所未有的技术变革新纪元。电子产品“连接性”的逐渐增长, 尤其是低成本、大规模可编程器件的出现等诸多因素都是这种变化的源动力。

可重复编程的器件, 例如FPGA, 为可编程设计领域提供了一种开放的平台, 用以设计复杂的“软”硬件, 这为产品设计方式带来了重大的改变。在某些时候, 设计的竞争因素更多地由软件而不是硬件来定义, 而可编程硬件的引入可以让“软”影响进入电子设计的本身。产品竞争优势的功能智能可以同时由软件和硬件决定。▶



EP2K10K10-1000
AAA9L0501A
TAIWAN

EXT DEBUG

LED1
POWER

U2

C10

R47

C11

R5

C12

R6

C13

R7

C14

R8

C15

R9

C16

R10

C17

R11

C18

U1

C19

R12

C20

R13

C21

R14

C22

R15

C23

R16

C24

R17

C25

R18

C26

R19

C27

U3

C28

R20

C29

R21

C30

R22

C31

R23

C32

R24

C33

R25

C34

R26

C35

R27

C36

U4

C37

R28

C38

R29

C39

R30

C40

R31

C41

R32

C42

R33

C43

R34

C44

R35

C45

U5

C46

R36

C47

R37

C48

R38

C49

R39

C50

R40

C51

R41

C52

R42

C53

R43

C54

U6

C55

R44

C56

R45

C57

R46

C58

R47

C59

R48

C60

R49

C61

R50

C62

R51

C63

U7

C64

R52

C65

R53

C66

R54

C67

R55

C68

R56

C69

R57

C70

R58

C71

R59

C72

U8

C73

R60

C74

R61

C75

R62

C76

R63

C77

R64

C78

R65

C79

R66

C80

R67

C81

U9

C82

R68

C83

R69

C84

R70

C85

R71

C86

R72

C87

R73

C88

R74

C89

R75

C90

U10

C91

R76

C92

R77

C93

R78

C94

R79

C95

R80

C96

R81

C97

R82

C98

R83

C99

U11

C100

R84

C101

R85

C102

R86

C103

R87

C104

R88

C105

R89

C106

R90

C107

R91

C108

U12

C109

R92

C110

R93

C111

R94

C112

R95

C113

R96

C114

R97

C115

R98

C116

R99

C117

U13

C118

R100

C119

R101

C120

R102

C121

R103

C122

R104

C123

R105

C124

R106

C125

R107

C126

U14

C127

R108

C128

R109

C129

R110

C130

R111

C131

R112

C132

R113

C133

R114

C134

R115

C135

U15

C136

R116

C137

R117

C138

R118

C139

R119

C140

R120

C141

R121

C142

R122

C143

R123

C144

U16

C145

R124

C146

R125

C147

R126

C148

R127

C149

R128

C150

R129

C151

R130

C152

R131

C153

U17

C154

R132

C155

R133

C156

R134

C157

R135

C158

R136

C159

R137

C160

R138

C161

R139

C162

U18

C163

R140

C164

R141

C165

R142

C166

R143

C167

R144

C168

R145

C169

R146

C170

R147

C171

U19

C172

R148

C173

R149

C174

R150

C175

R151

C176

R152

C177

R153

C178

从板级设计的角度来看，这种变化的影响是很重大的，因为现在越来越多的PCB设计都包含一个或更多的可编程器件。这些器件可能是大规模、高引脚数（或BGA封装）的FPGA器件，虽然可能带来电路板布线的困难，但也可以减少电路板上部件的总数。最明显的原因是，设计

所需的大部分逻辑器件都可以整合到FPGA的结构中去，这样可以节省电路板的空间，降低板设计的复杂度。

FPGA比较不明显但更加有用的作用是可以将整个设计——包括微处理器、存储器、外设模块和接口等——整合到一个FPGA里。使用这种办法，电路板上其余的电子硬件只需要提供它与外界的接口功能就可以了。当使用FPGA时，电路板的寻址会遇到独特的挑战，因为引脚的配置（设定每个引脚的功能位置和电子特性）是完全可编程的，而且是在FPGA设计领域内——而不是在电路板上——完成。编程完毕之后，每个FPGA的引脚设置都是唯一的，而且可能会在设计开发过程中进行改变。

从更高层次的角度来看，影响今天板级设计的，是从“越小越好”的电子器件道路向生产能够在市场上保持差异化的产品的变化趋势：也就是说，向在可编程器件内部进行以软件为主导的设计的方向发展，而不再强调在物理硬件设计内部包含IP。

最后要说明的是，真正可持续的产品差异化的关键在于产品的外观、质感和功能。当今有竞争力的产品——与竞争者相比更具有差异化优势——比以前更加倾向于由用户的体验来界定，这可以用产品的外观和功能进行描述。这种产品与用户之间的重要联系可以用审美学、人体工程学和它的功能行为所决定，这又可以通过依次使用这种产品的机械和软件（但在不是电路板上）设计来建立。

现在，产品设计的机械方面决定电路板的形状、大小和部件分布，在大多数情况下也决定使用的部件的类型，甚至决定软件行为，从而直接并深刻地影响着电子设计。复杂的电路板形状和灵活的电路板材料以物理证据的形式表明，产品机械外壳设计和它所承载的电路板之间具有密切联系。这种趋势使得设计领域之间的相互作用比以往任何时候都重要，因为产品能否竞争成功取决于电子设计和机械设计的合作是否有效。

你不再孤独

这里所要表达的信息是：要设计一个能在当前市场上成功的产品，必须要对各种因素——电子的、机械的、软件的——的相互作用进行仔细考虑。这表明了产品设计流程更加广泛、更加普遍的一体化，这包括PCB设计，在面对生产下一代电子产品的挑战时更加需要这种一体化。

那么现代产品的PCB设计流程又会怎样呢？首先应该确定的是，电路板的设计不再可能脱离软的（软件和嵌入式硬件）和机械的设计流程。设计涉及的规则不断交融，各个过程也更加具有相互依赖性，至少要求成功地共享设计数据。

从实际板级设计的角度看，正如FPGA的引脚数据一样，嵌入式硬件的设计信息需要与整个结构和它的电气约束相协

调，因为这些信息会影响基本的寻址过程。FPGA设计中的改变会造成根本性的寻址错误，并会进一步影响FPGA和PCB领域之间的设计数据转化过程，这可能会产生一个冗繁的、极易出错的工作流。

类似地，设计的机械部分——就拿最简单的机架和外壳问题来说——决定着电路板的空间特性，这会造成另一种领域间的数据流动。机械设计中的变化可能会引发板级设计的修改，给产品开发工作流带来延迟和复杂度。

当设计系统是一系列独立流程的传统集合时，有效的设计数据信息共享就其本身来说就会成为一个严重的问题。如果存在这样一个文件交换系统，它能够成功翻译和传播数据——这是无法保证的——信息就可以“翻过墙”传送到下一个设计领域和流程中。作为设计工具的集合存在的传统产品设计系统无法解决工作流序列工作无效率的问题，而且会增加数据交换的次数——和MCAD和ECAD之间的交换一样——，这会使问题更加严重。

由于机械（MCAD）和电子（ECAD）设计规则本质的不同，两个设计领域进行协同工作的努力受到了阻碍。与嵌入式开发和板级设计之间普通的电气连接不同，传统机械设计存在的空间与电子设计非常不同。机械和电子CAD工具的本质不同可以折射出这种隔阂，这种隔阂在过去对设计数据交换格式的一致性造成了负面影响。

信息通路

在实践中，ECAD和MCAD设计在应用中使用通用的文件格式，可以相互传输基本的维度信息，这在一定程度上减轻了两者的数据交换需求。

三维MCAD从上世纪70年代开始发展，80年代开始进行固体建模，同时伴随着混乱的数据交换格式的引入。这些格式的兼容性和准确性各不相同，只有少数格式适合将三维数据完整地导入到ECAD领域中。结果就是ECAD-MCAD设计仅局限于比较基础的层面，根据所使用的不同ECAD和MCAD应用，使用一系列不同种类的文件交换格式。

这往往意味着需要通过一系列的二维和三维文件格式，作为“里程碑”事件，将一种应用中的维度和部件布局数据传递到另一种应用中去，并在其中进行处理。例如，使用 workflows 的话说，将基本的PCB形状细节从MCAD传送到ECAD，然后在之后的某个阶段，将电路板集合的简单三维模型文件从ECAD传送给MCAD，用以检查电路板和外壳的机械匹配问题。每一个转化过程进行时都对设计进行了改变，数据交换也可能进一步巩固了这些改变，这使得整个迭代过程很麻烦，给ECAD和MCAD的协同设计带来了困难。

解决问题的另一种方法是使用分立的、第三方的设计格式转换软件，减轻文件兼容性问题（例如IDF，中间数据格式，它在MCAD领域很少被支持），使得这个流程更加灵活。它们经常为MCAD或ECAD应用原有的文件格式提供导出或导入的选项，在某些情况下通过对象连接（OLE）或编程接口（API）直接连接到程序中去。

目前，这两种方法都无法达到理想的目的。对于基本的，

文件交换方法，数据转换错误时有发生，因为转化格式本身具有约束和不一致性，并且对数据发送的次数几乎没有控制——太多或太少同样都是有问题的。但最主要的是，整个流程一般都十分繁琐，而且对于弱的数据转化格式具有兼容性差的缺点。

专门的CAD翻译程序往往是一种较好的方法，因为可以严格地定义格式和数据过滤选项，选择转化所包含的对象。然而不幸的是，由于增加转换次数会增加流程的复杂度，它只适用于向前两步或向后两步的情况。

例如，这种方法可能会使转换过程对版本特别敏感，因为它与MCAD-ECAD的应用有着密切的联系，而且它一定会给整个设计系统带来额外的开发成本。转换程序的链接（OLE，API）版本将自身嵌入到MCAD或ECAD应用中去，可以提供一個整合程度更好的解决方案，使用这种做法的代价就是程序变得“对版本挑剔”，MCAD-ECAD应用必须载入到相同的PC平台上，OLE/API的互连才能建立起来。

处理根本问题

建立促进ECAD和MCAD真正设计合作的设计环境的第一步，是在更高层次考虑电子和机械设计的关系。这里的核心观点是，电子设计行业目前的改变意味着产品设计必须作为单一的任务来考虑，而不是将设计看作是一系列的流程，并最终将这些过程拼凑在一起。

站在板级设计的角度上说，这意味着引进一个共享的、合作的、紧紧瞄着最终结果——符合市场目标的完整的电子产品——的设计方法。反过来说，这意味着需要重新认识开发流程，正如产品的机械设计对板级设计流程经常具有主导性影响一样。这也意味着我们需要设计数据交换系统能在一起工作，而不仅仅是连接起来。

这样的话，我们最基本的需要就是要有一种可靠、全面而方便的进行领域之间数据传递方式。现有的解决方案都试图通过一个由缝合过程的文件格式和应用程序的迷宫来消除ECAD和MCAD之前的隔阂。随着时间的推移，这些系统也经过演变，以适应设计数据交换日益增长的需求，但在流程中采用了专门的文件格式或使用了现存的但不合适的文件格式。

但是，一种相对较新的STEP文件格式将三维数据转化协议的开发推向了更好的层次，这是一种服务于三维设计和生产过程的数据丰富且极其稳定的协议。目前大多数MCAD系统都支持STEP，所以仅仅通过这一个特性，支持双向STEP转化的ECAD解决方案也将大幅度减轻三维数据转换的问题。

STEP文件可能会很大，但是如果ECAD系统可以在转化界面上提供一系列智能的部件过滤选项，那么这个问题可以很容易地得到有效控制。这个方法不但具有兼容性强的优势，而且还可以免去第三方软件的麻烦和成本，也不存在MCAD-ECAD应用的版本问题。

除了要有设计数据转化的稳定文件系统之外，我们还需要从生产效率的角度上考虑ECAD-MCAD workflow。例如，引进另外的第三方转化和处理应用程序会给过程增加序列化阶

段，增加工作流的复杂度，并有可能为重要的设计数据带来递归错误。简而言之，很显然，任何一种引进多种文件格式和序列数据转化的解决方案，都必然会增大产品开发过程减缓和复杂化的风险。

需要考虑的另一点是三维数据模型是如何在MCAD空间中创建和浏览的。要对电子机械的匹配状态——在实践中，部件间隙和接口检查等状态——进行准确的评判，就要有准确的三维对象模型。从实践的水平上看，这意味着从ECAD向MCAD传递的集合信息中必须包含准确的组件模型，或者在按要求插放那些电子模型时，MCAD程序必须支持这些模型。

依靠IDF文件转化的系统就是一个反例，在使用MCAD进行间隙检查时，它所包含的三维模型信息无法提供足够的精度。如果IDF转化在一个单独存在的、同时进行间隙检查的翻译应用中使用，必须用它本身的三维库中更精确的模型代替重要的模型。受这种文件格式的限制，将这个应用的数据导出到IDF文件的过程中会损失这些更加精确的数据。至少，这为整个过程增加了一层翻译复杂度。

就数据完整性和工作流效率来说，如果能够有一种直截了当的方法使得STEP模型能够在ECAD和MCAD之间进行直接的传输，那么两者之间的互联性能够从基本水平上得到保障。这可能看起来很简单，但是这要求ECAD系统能够包含STEP的导入和导出、完整的三维模型数据和导出文件中三维信息的过滤选项等功能。

下一个层次

考虑STEP文件转化在MCAD-ECAD系统中的大小和实际应用时，我们会发现这样一个有趣的现象，那就是不同方向的转化内容是不同的，我们也会知道这意味着什么。在一个典型的工作流中，从MCAD向ECAD空间转化的三维数据展现了产品的安装情况、一个部件或电路板新形状等信息；而从ECAD向MCAD空间转化的三维数据往往是整个PCB电路集合的模型，用于间隙检测的目的。

从数据流和文件复杂度的角度上说，传递到ECAD领域的MCAD模型相对比较简单（例如，一个外壳），而从ECAD向MCAD传递的模型往往比较复杂（例如，一个包含部件的完整PCB电路集合）。电路板集合往往包含很多对象，而且生成

很复杂的三维数据文件，MCAD空间需要将这些文件进行载入和渲染才能进一步进行间隙检测操作。然后将电路板结构和形状的修改信息反馈给ECAD空间，在ECAD空间中进行修改，然后重复之前的数据交换过程。

这里要说的是，检查和修改电路板集合与机械封装的匹配问题更大程度上是ECAD的问题，但过程的相当一部分是在MCAD空间下完成的，而且这需要复杂的三维电路板集合数据。考虑这个 workflow 的基本需求时，很明显地，理想状态下机械匹配问题的很大一部分要在ECAD领域内解决。

这里要说的是，检查和修改电路板集合与机械封装的匹配问题更大程度上是ECAD的问题，但过程的相当一部分是在

MCAD空间下完成的，而且这需要复杂的三维电路板集合数据。考虑这个工作流的基本需求时，很明显地，理想状态下机械匹配问题的很大一部分要在ECAD领域内解决要使间隙检查在ECAD中成为可能，就需要PCB编辑器具有实时三维功能，以及在这个空间中导入MCAD集合的能力。比如说，使用STEP格式将一个封装模型送到ECAD领域内，我们就可以在三维PCB设计环境中实现实际接口检查。如果这个系统同时具有用户定义的间隙检查规则和三维对象透明度选项，那么机械匹配的大部分任务就可以在ECAD领域内实时解决。

可以进一步通过一个小改变减少甚至消除文件转化过程：链接到三维数据文件，而不是将这些数据嵌入到ECAD设计文件中去。

使用一个链接结构，ECAD程序就可以只从MCAD程序生成的外部三维STEP文件中调用数据。在外部文件发生改变时，MCAD系统发出的更新信息可以引发PCB编辑器提醒用户，然后编辑器在PCB工作区和ECAD设计文件中更新部件。这都可以在实时的三维设计环境中发生，使电路板设计者可以在浏览过程中解决机械间隙问题，而不需要进行一长串的MCAD-ECAD重复性劳动。

最后，由于当前产品设计的物理特性变得越来越重要，我们需要一个直接解决核心问题的系统，以迎合ECAD和MCAD设计环境的相互依赖性。现在试图提供MCAD-ECAD解决方案的系统都只是完成了一部分或者只是附加的方法，在过程中不能符合要求，甚至在最坏的情况下会带来效率低下，错误率高的工作流。因此，可能出现的最好的结果也只能是间断的协作设计。

我们需要更加综合地审视整个产品开发过程，整个设计应该被看做是单一的实体，只使用一个设计数据模型。因此，我们应该从更高一层的水平上考虑最终目标，而不只是专注于寻找解决文件转化系统问题的方法，以迎合对MCAD-ECAD连通性日益增长的需求。

有了稳定三维数据转化格式（STEP）和直接数据转化的基础，整个过程得到了简化，需要的时候甚至可以将其转化到ECAD领域内进行解决。使用这种方法，两个领域的设计师可以在一个连通性高的开发环境中相互作用，促进MCAD-ECAD协作设计的发展

随着电子设计工业的不断发展和设计学科的不断交融，所有设计领域在能够实现合作、协调设计的水平上紧密连接变得十分重要。当原先分离的世界连接并结合在一起时，好处一定是巨大而深远的——电子设计世界也不例外。

发表在：Circuitree, US, 08年8月

EMBRACE

A SHARED AND COLLABORATIVE APPROACH TO DESIGN THAT KEEPS A FIRM EYE ON THE FINAL RESULT.

