3D 绘图与电路板设计:

DESIGNSPARK

系列软件指南

CAVEDU教育團隊
謝宗翰、翁子麟　著
曾吉弘　編審

简体中文版

RS Components
李國豪 專文推薦

目录

第一章: DesignSpark PCB 初探：安装与环境介绍 3

1-1 DesignSpark PCB 简介 3

1-2 下载与安装 4

1-3 环境介绍 6

1-4 总结 9

第二章: 电路图设计 10

2-1 电路图综述 10

2-2 电路符号 11

2-3 解读电路图 26

2-4 电路图设计 28

2-5 总结 44

第三章: 印刷电路板设计 45

3-1 印刷电路板介绍 45

3-2 建立 PCB 图 49

3-3 PCB 设计 54

3-4 除错 73

3-5 输出与汇入 3D 设计 78

3-6 总结 84

第四章: 电路板制作 85

4-1 制造设计图 85

4-2 物料清单 88

4-3 PCB 实时报价 89

4-4 总结 90

第五章: DesignSpark Mechanical: 安装及用户界面介绍 91

5-1 DesignSpark Mechanical 介绍 91

5-2 安装 DesignSpark Mechanical 91

5-3 程序环境介绍 95

5-4 总结 99

第六章: 基础建模 100

6-1 正立方体 100

6-2 圆角化立方体 102

6-3 轴与洞 104

6-4 组装立方体 111

6-5 填充 115

6-6 总结 118

第七章: 进阶建模 119

7-1 茶杯绘制 119

7-2 M8 螺丝 129

7-3 总结 135

第八章: 汇入图档与 PCB 档 136

8-1 导入格式及方法 136

8-2 组合工具 139

8-3 导入电子设计 PCB 151

8-4 总结 152

第九章: 组装、报价、输出 153

9-1 产品设计 153

9-2 材料清单报价接口(BOM) 158

9-3 导出格式说明 161

9-4 总结 163

第一章

DesignSpark PCB 初探：安装与环境介绍

1-1 DesignSpark PCB 简介

说到电路图设计或印刷电路板(Printed circuit board, PCB)设计软件，也就是所谓的「电子设计自动化软件(Electronic design automation, EDA)」，大家会想到的或许是 EAGLE PCB 或是 Altium Designer 等，然而，这几年 RS Components 公司推出了功能同样强大的软件 – DesignSpark PCB，供免费注册使用。自 2010 年推出后，已受到各级客户的热烈欢迎，持续在快速成长中。

RS Components 是一家全球的优质经销商，在 1937 年成立于英国，如今遍布全世界 32 个国家，其产品来自全球 2500 个知名制造商，提供电子零件、自动化与控制设备、量测仪器、机械零件、工具耗材等。比起其他电路设计软件，DesignSpark PCB 最特别的地方在于链接了 RS Components 提供的电子零件数据库，随时使用超过 8 万种电子零件的符号，让您可以在设计的同时进行零件查询、库存显示以及制作报价等服务，使得整个 PCB 电路从设计到制作的过程更为快速方便。不论您是业余制造者或是专业工程师，都可以大大地简化并加速开发过程。

1-2 下载与安装

我们首先说明如何安装 DesignSpark PCB，并启用产品，步骤如下：

1. 到 DesignSpark PCB 的下载及安装页面，点选「下载 DSPCB 7.2」，如图 1-1 所示。https://www.rs-online.com/designspark/pcb-download-and-installation-cn

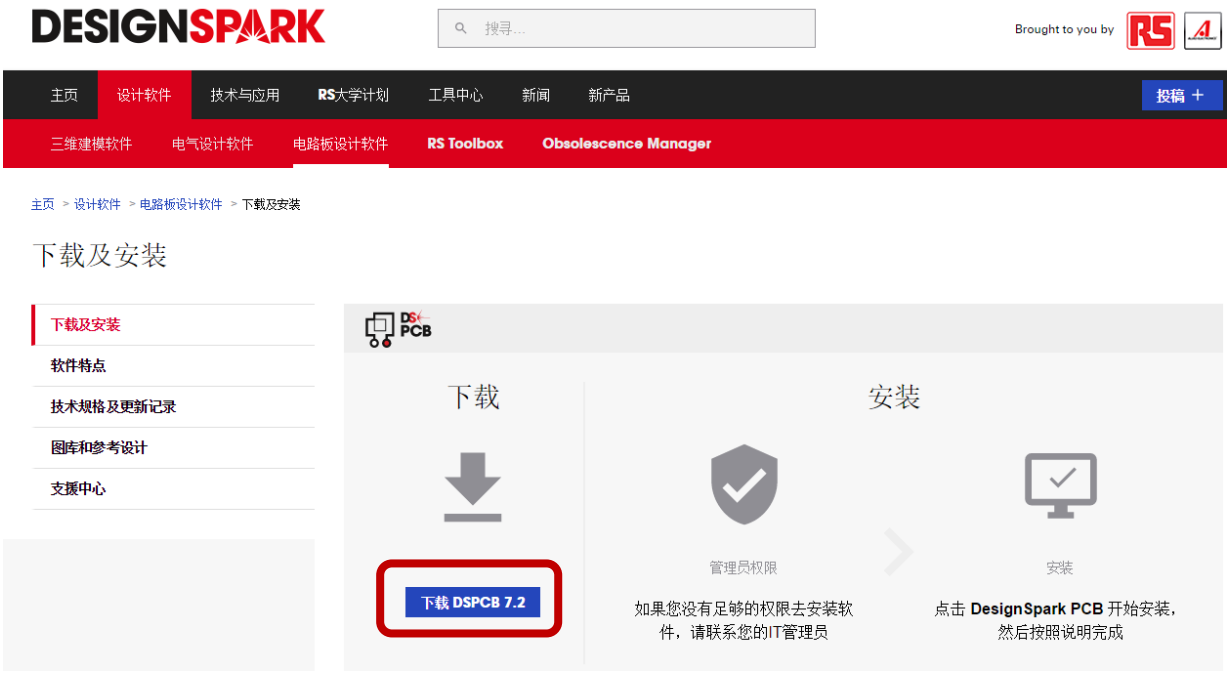


图 1-1 下载 DesignSpark PCB

2. 下载完后点开安装包安装，基本上一直按 Next 即可 (图 1-2)。

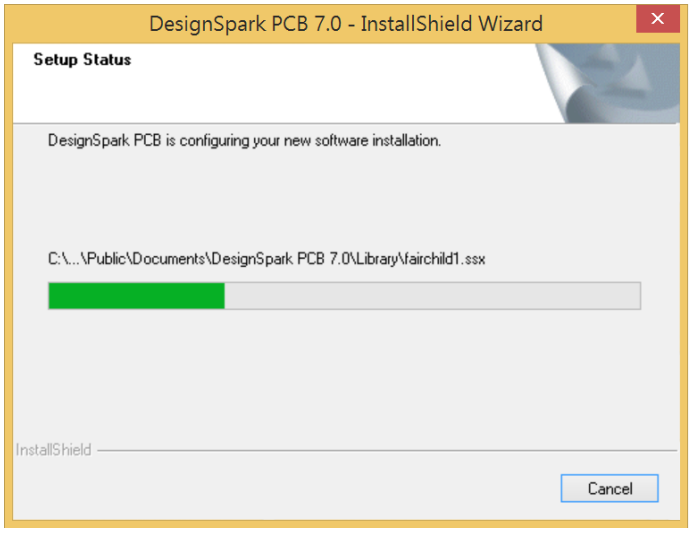


图 1-2 安装过程很简单，不太需要设定，一直按 Next 即可

3. 安装完后打开桌面快捷，如果是初次安装，开启时会跳出要求登陆的窗口，如图 1-3 所示。

图 1-3 初次安装时，程序会要求您注册并登陆

4. 您需要一个 DesignSpark 账号来使用软件，若是没有账号，点选创建账号(CREATE DESIGNSPARK ACCOUNT)就会跳出申请表，填完后按最下方的注册(Register) 按钮即可，如图 1-4 所示。

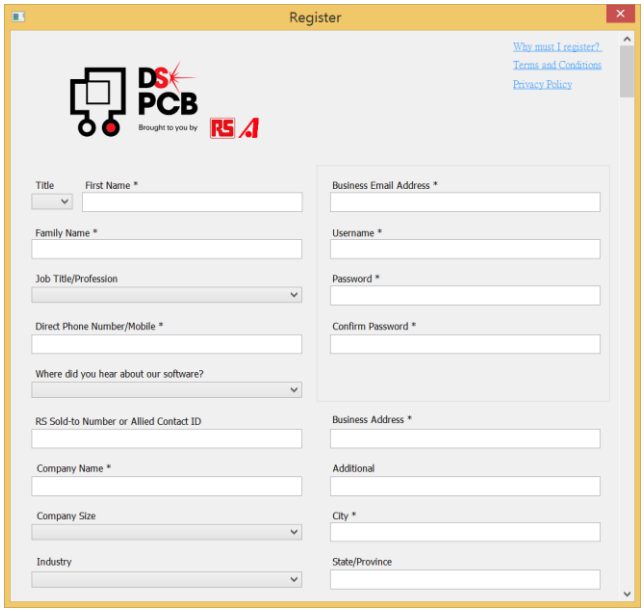


图 1-4 注册并启用账号后，就可以使用 DesignSpark PCB

至此就安装完成了！除了注册启用需要花一点时间外，其他程序都非常方便迅速。

最后，打开一个范例文件来看看是否一切顺利，请在打开 DesignSpark PCB 后选择画面左上角 File -> Open，这时会自动开启到范例文件夹，您可以点选任意的文件来测试，这里我们则是选择 ChipKitMax32 文件夹内的 chipKIT Max32.pcb，如图 1-5 所示。

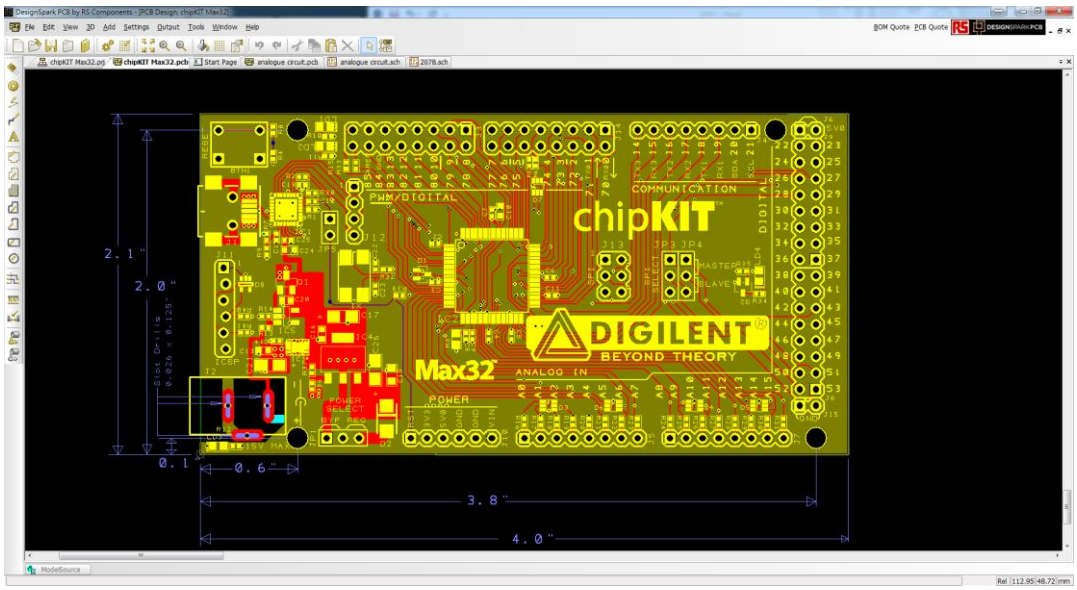


图 1-5 开启范例文件来确认是否可以正常执行

1-3 环境介绍

在电路设计上，通常分为**电路图设计(schematic design)**以及**印刷电路板设计(PCB design)**两种。电路图是工程人员之间彼此交流用的，也就是一种工程图，我们可以清楚地从电路设计图看到设计者用了什么元件以及整个电路是如何运作的。印刷电路板设计图则是要交付给电路板制作厂商生产用的，印刷电路板设计图说明了元件如何配置，以及如何布线跟如何钻孔等等。简单地说，厂商可以直接根据**印刷电路板设计图**制作出电路板，却无法从**电路设计图**做出电路板，但是电路图可以清楚地表达这个电路的设计方式。下图是同一个电路的电路设计图以及印刷电路板设计图，其中图 1-6(a)为电路设计图，而图 1-6(b)为印刷电路板设计图。我们在后续的章节会有更深入的介绍。

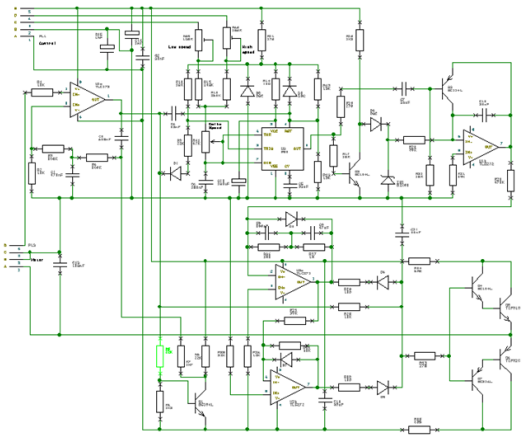


图 1-6 (a) 电路设计图

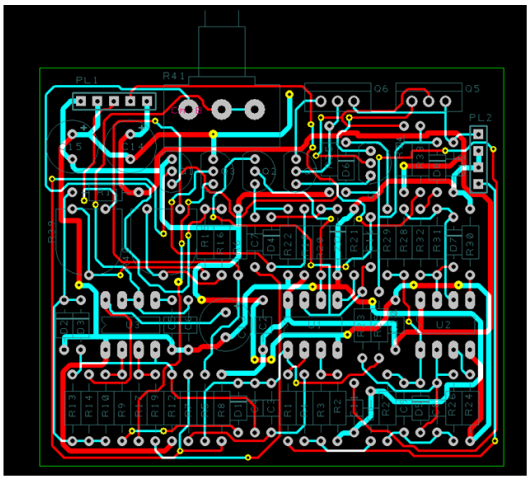


图 1-6 (b) 印刷电路板设计图

不论是电路图或是印刷电路版设计，只要您新增档案或开启旧档，就会进入相对应的工作画面。在 DesignSpark PCB 的工作环境中，最重要的就是一般工具栏以及设计工具栏，如图 1-7 所示。

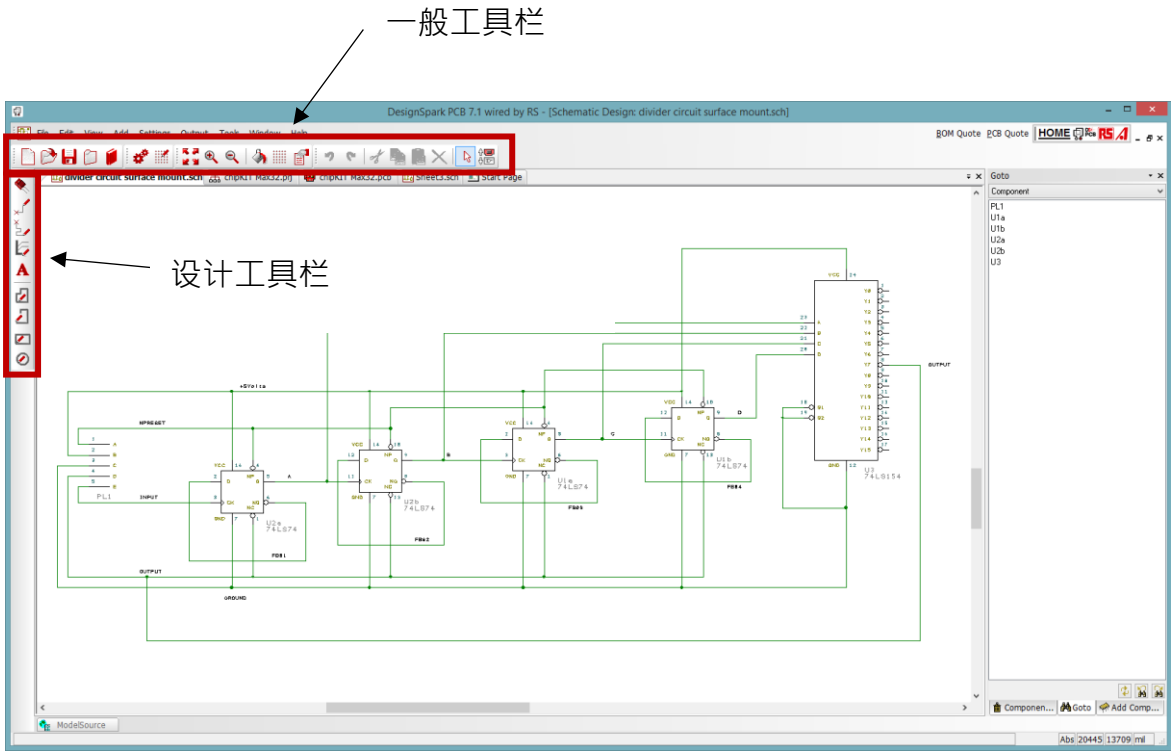


图 1-7 一般工具栏以及设计工具栏

电路图设计以及印刷电路板设计的工具栏有所不同，不过都会有一般工具栏，如图 1-8 所示：

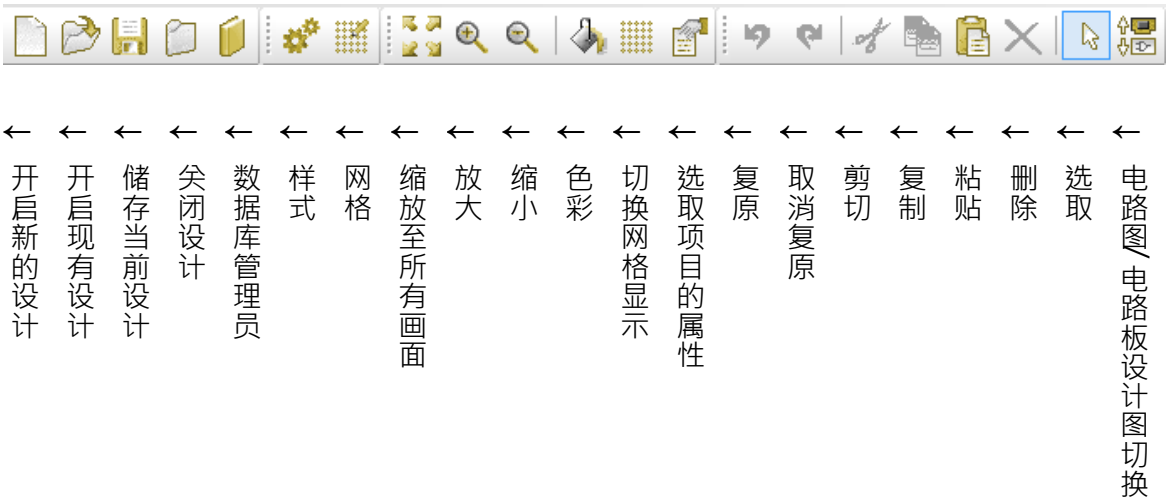


图 1-8 一般工具栏

电路图设计工具栏则如图 1-9 所示：

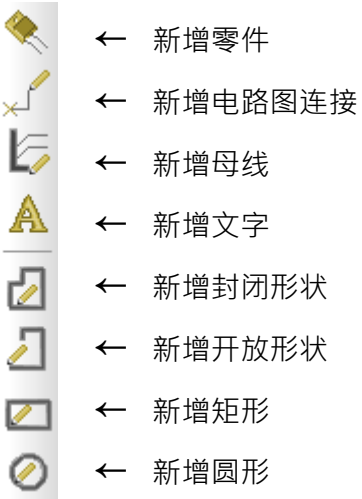


图 1-9 电路图设计工具栏

最后，图 1-10 则为印刷电路板设计工具栏：

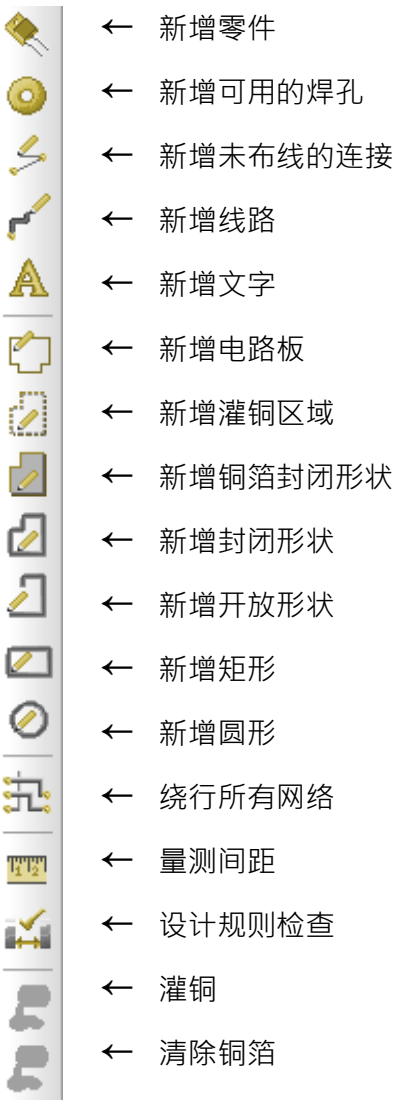


图 1-10 PCB 设计工具栏

1-4 总结

本章我们介绍如何安装免费好用的 DesignSpark PCB 并对其开发环境做了初步的介绍。下一章我们将开始正式进入电路设计的部分，先从电路图设计开始说明，接着进入到印刷电路板设计，请跟随我们的脚步，继续前进吧！

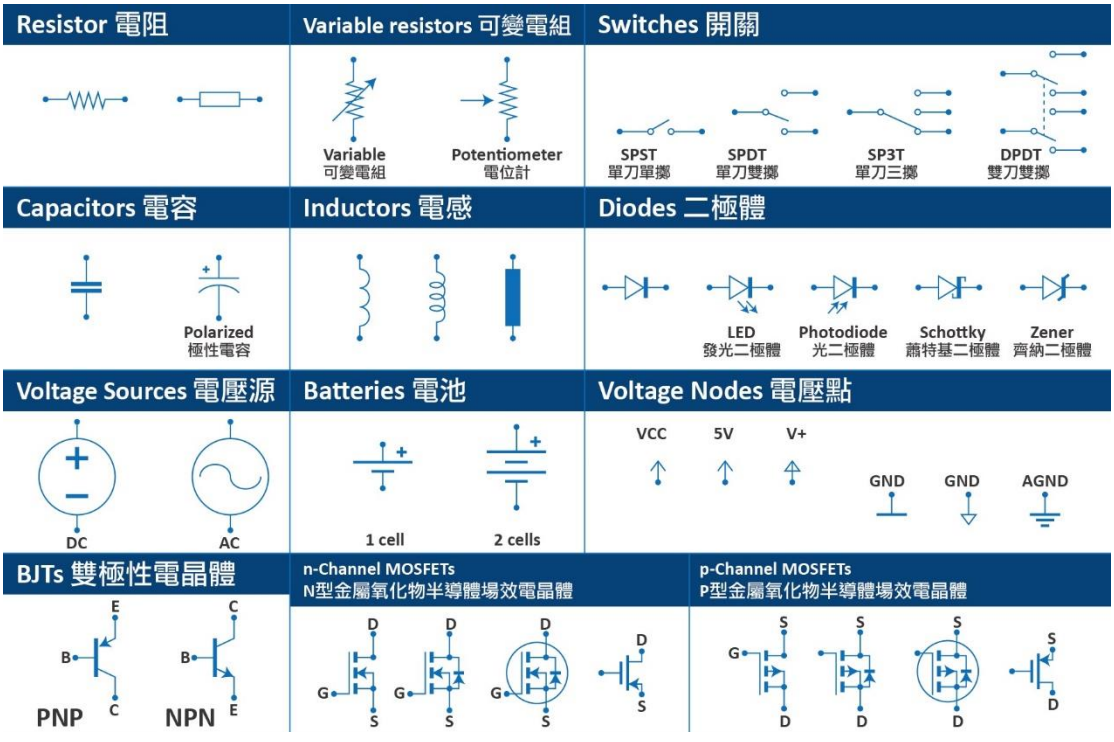
第二章

电路图设计

2-1 电路图综述

如同在第一章所提到的，电路图就是电路设计的蓝图，每个电子电路组件都有相对应的简化电路符号，电路图就是由这些符号组成的。透过电路图，我们可以了解整个电路系统的设计方式，而其中的电子元件又是如何交互作用。也因为如此，电路图的设计是在制作印刷电路板之前所必经的步骤。

在实际进入使用 DesignSpark PCB 设计电路图之前，我们需要先花点时间学习如何看懂电路图。图 2-1 为一些常见的电子电路元件的电路符号，我们将带您认识这些电路符号并说明在解读电路图时需要注意的事项。



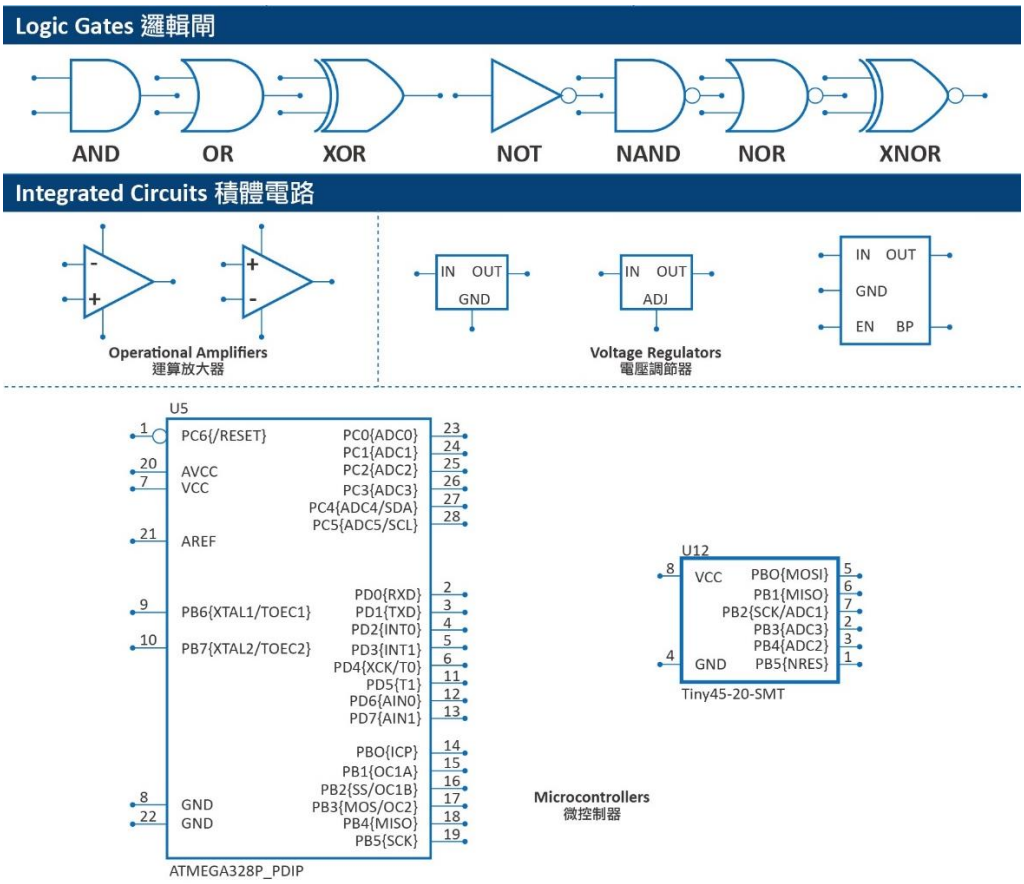


图 2-1 一些常见的电路符号

2-2 电路符号

电路符号是经过标准化的符号，也就是说即使是不同公司的产品，也能使用相同的电路符号来表示，现在让我们慢慢来认识一些常见的电子元件与其电路符号。

2-2-1 电阻

电阻大概会是您最常看到的元件了。如图 2-2 所示，电阻在电路图中通常有两种表示方法，一种为锯齿状，另一种则是长方形，而两者是通用的。除了代表一个实际的电阻元件外，我们也时常把负载(load)简化成一个电阻的符号。负载指的是一个会消耗能量的系统，里面可能会包含许多电子元件，我们用电阻的符号来表示这个系统的阻抗(impedance)，「阻抗」这个词其实只是电阻的另一个说法，只是我们习惯用阻抗来形容一个系统的总电阻，而用电阻来形容一个实际的电阻元件。

图 2-2 电阻的电路符号有两种，彼此可以通用

上述的电阻其数值都是固定的，当要描述可变电阻(variable resistor)以及电位计(potentiometer)时，我们会使用另外两个符号，如图 2-3 所示。

图 2-3 可变电阻以及电位计

可变电阻以及电位计都是可改变自身电阻值的元件，不同的是电位计会有三个脚位而可变电阻只有两个脚位。举例来说，热敏电阻(thermistor)等元件 (图 2-4a)就可以用可变电阻的符号来表示，而转动电位计 (图 2-4b)就是用电位计的符号来表示。

图 2-4 (a) 热敏电组

图 2-4 (b) 转动电位计

2-2-2 电容

我们通常用两种符号来表示电容，如图 2-5 (a)、(b)所示。与电阻不同，因为电容有极性的差别，因此两者不能混用。无极性(non-polarized)的电容很单纯地使用两条并行线表示，而有极性(polarized)的电容则是使用一条直线以及一条弯曲线表示，其中直线端为正极。

图 2-5 (a)无极性的电容

图 2-5 (b)有极性的电容，直线端代表正极

举例来说，电解电容就是属于有极性的电容，而陶瓷电容则是无极性的电容，而有极性的电容则会有一只脚比较长，代表正极，如图 2-6 所示。

图 2-6 有极性的电容会有一只比较长的脚代表正极，如图中左的电解电容

2-2-3 电感

电感的符号有两种，一种是像弹簧一样的螺旋线，另一种则是填满颜色的长方形，如图 2-7 所示，注意不要跟电阻搞混了！

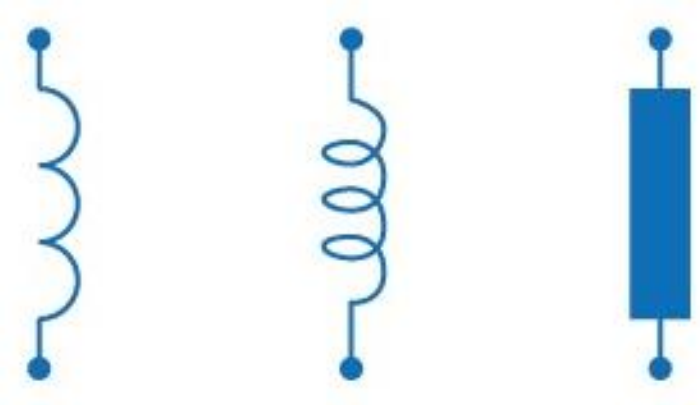


图 2-7 电感以螺旋线或是填满颜色的长方形表示

2-2-4 开关

由于开关有许多不同的形式，因此其相对应的电路符号也较多。最简单的开关，也是大家最熟悉的开关形式，就是单刀单掷开关(single-pole/single-throw, SPST)，通常会直接称作单切或单极开关。单切开关只有两个端点，平常是断路，而开关打开后即成为通路，如图 2-8。我们用「刀」 (pole) 来代表一个开关可以控制的回路数量；用「掷」(throw) 来表示开关可以接出的接点数量。

图 2-8 单切开关

当我们的电路有多个回路需要控制时，就会使用具有更多接点的开关。图 2-9 为单刀双掷 (single-pole/double-throw) 开关以及单刀三掷 (single-pole/triple-throw) 开关的电路符号。

图 2-9 双切开关以及三切开关

有些开关具有更多的接点，可以同时控制多个回路，以图 2-10 为例，图 2-10 为双刀双掷 (double-pole/double-throw) 开关，总共有六个接点。请注意因为这个开关是连动的，如图中的虚线所示，所以它不是双刀四掷，而是双刀双掷。

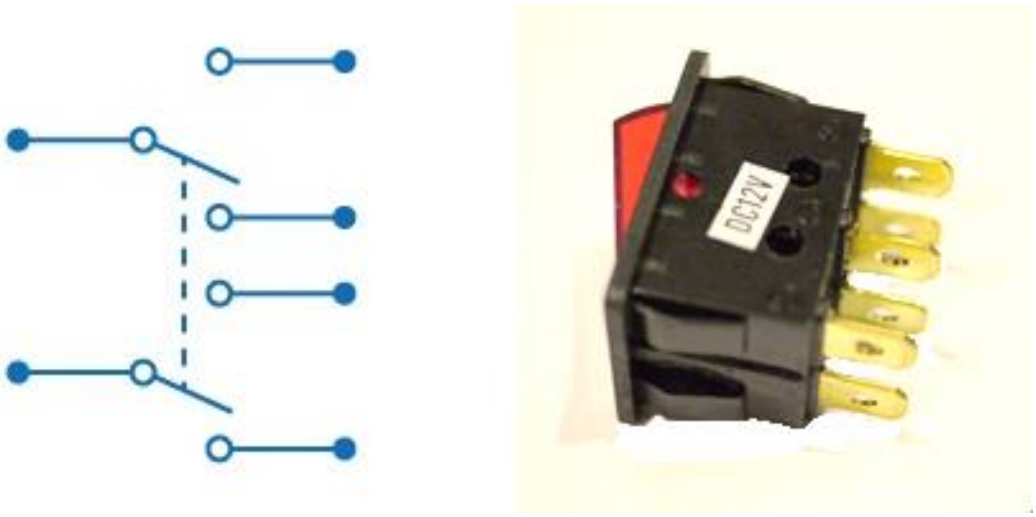


图 2-10 双刀双掷开关，有六个接点

2-2-5 电源

在实务上，我们所使用的电源会有交流 (alternating current, AC) 以及直流 (direct current, DC) 的形式，不过在电路图中，电源的表达方式比较多元，图 2-11 为直流以及交流电源的电路图符号。

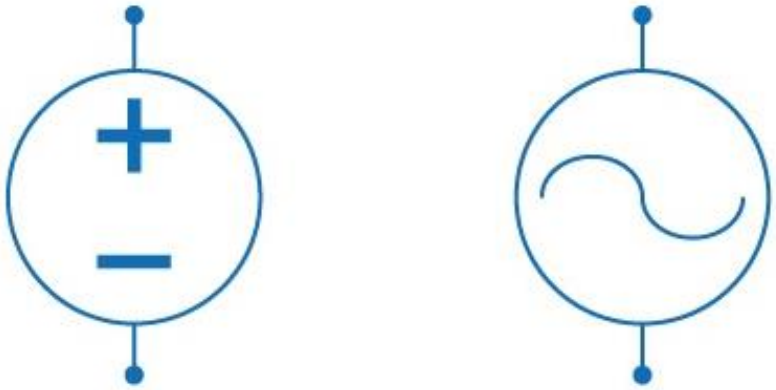


图 2-11 直流电源 (左) 以及交流电源 (右)

电池算是直流电源的一种，我们在电路图中喜欢用成对的并行线来代表电池，这样的好处是可以标明电池的数量以及串并联的方式。请注意，较长的线段代表正极，而较短的线段代表负极，如图 2-12 所示。

图 2-12 电池的电路符号

有时为了避免电路图过于复杂，我们会使用电压点以及接地点的符号来当作电源，如图 2-13 中，正极会以一个向上指的三角箭头表示，而接地点则以直线或一个向下指的三角箭头表示。

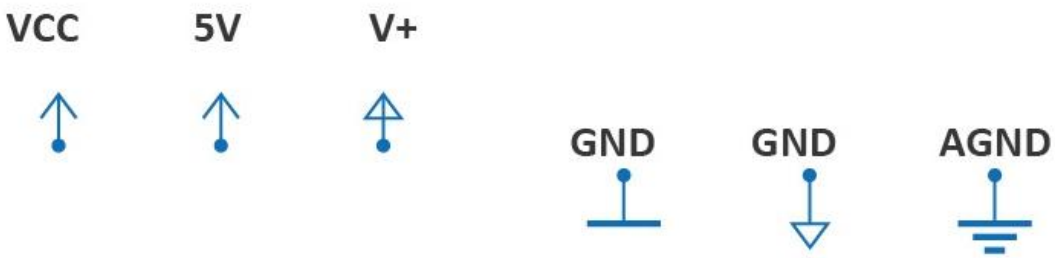


图 2-13 为了要避免电路过于复杂，会使用电压点以及接地点来表示电源

2-2-6 二极管

二极管常用三角箭头搭配直线来表示，如图 2-14。二极管也有极性的差别，所以也需要特别注意，直线端是负极，而三角形端是正极。

图 2-14 二极管的电路符号，二极管有正负极之分

二极管有许多不同的种类，而每个种类则有相对应的符号。图 2-15 为常见的二极管，分别为发光二极管 (light-emitting diodes, LED)、光二极管 (photodiodes)、萧特基二极管 (Schotty diodes)以及齐纳二极管 (Zener diodes)。

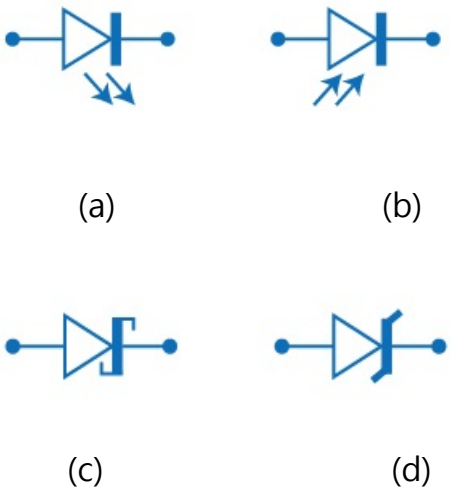


图 2-15 二极管有一些不同的种类，其中有(a)发光二极管，(b)光二极管，(c)萧特基二极管，以及(d)齐纳二极管

2-2-7 晶体管以及集成电路元件

晶体管有双极性晶体管(Bipolar transistor, BJT)以及金属氧化物半导体场效晶体管(Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor, MOSFET)两种，由于中文名字有点长，以下我们用英文缩写来称呼。BJT 与 MOSFET 皆有两个种类，BJT 有 NPN 与 PNP 两种，而 MOSFET 则有 P 信道与 N 信道之不同。图 2-16 为 BJT 的电路符号。

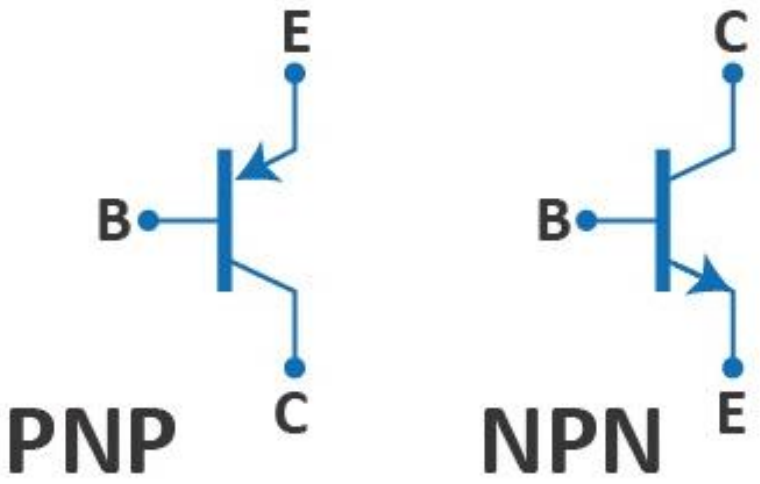


图 2-16 BJT 有 NPN 及 PNP 两种

BJT 有三个接点，集极(collector, C)、基极(base, B)以及射极(emitter, E)，不管是 NPN 或是 PNP，射极都是带有箭头的线段，而箭头向外指的为 NPN，向内指的为 PNP。

与 BJT 相同，MOSFET 也有三个接点，但是名称有所不同，为源极 (source, S)、汲极(drain, D)以与闸极(gate, G)，图 2-17 为 N 信道以及 P 信道的 MOSFET 之电路符号。MOSFET 有比较多不同的符号，不过意思是一样的。

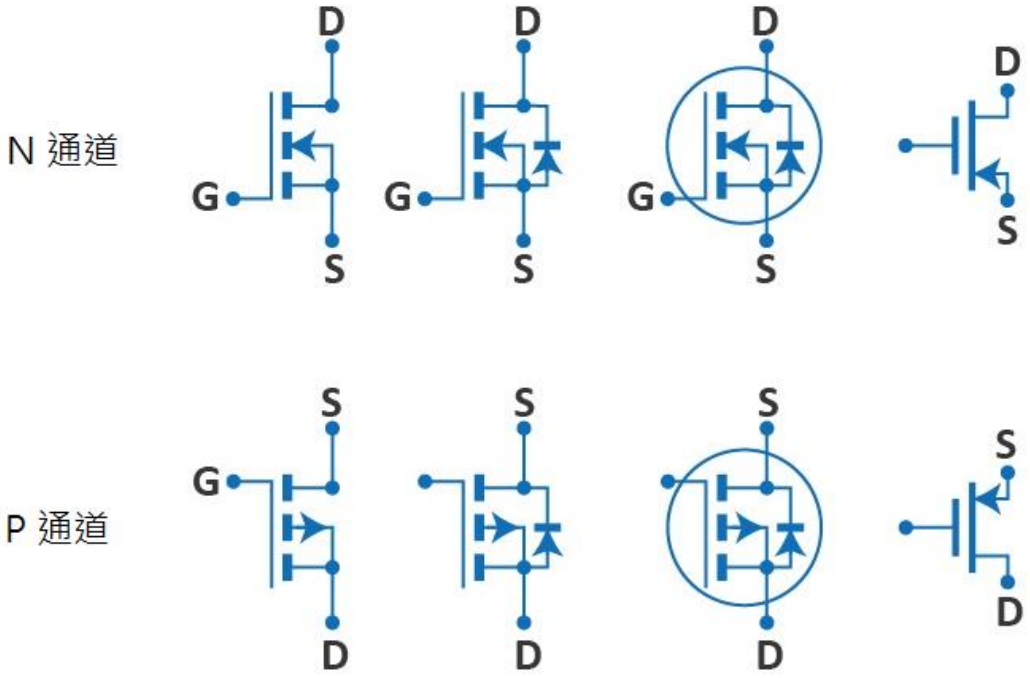


图 2-17 MOSFET 有 N 信道以及 P 信道两种，两者各有不同的符号表示

MOSFET 中间的箭头表明了其为 N 信道或 P 信道，若是箭头向内指即为 N 信道，反之为 P 信道。

以上两种晶体管是现今数字时代的主角。在集成电路(integrated circuit, IC)技术的发展下，人们可以将数千万个晶体管组合到单一个芯片上，做出各式各样复杂的微处理器或是微控制器，乃至于内存及讯号处理器。在这其中，最重要的关键即是数字逻辑，而其则是经由数字逻辑闸(digital logic gates)来实现，以下即介绍数字逻辑闸的电路符号。

数字逻辑闸有四个主要的元件，即与闸(AND gate)、或闸(OR gate)、异或闸(XOR gate)以及非闸(NOT gate)，而它们都有相对应的电路符号，如图 2-18 所示。

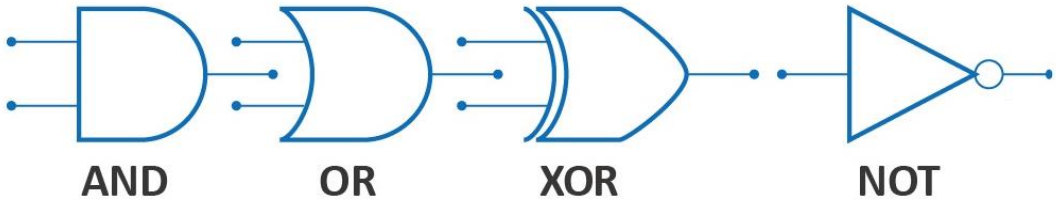


图 2-18 数字逻辑闸

若是在符号顶端加上一个圈圈，即代表相反的意思，如图 2-19。

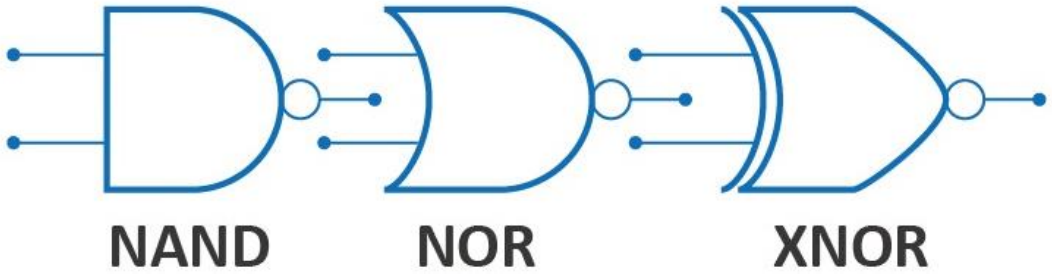


图 2-19 在逻辑闸的顶端加上一个圈圈是相反的意思

有时候逻辑闸的输入端可能不只有两个，然而意思是不变的，在辨认数字逻辑闸时，我们主要是以电路符号的形状来决定该元件的意义，而不是大小或是脚位数量，不过请注意，不管有几个输入端，数字逻辑闸只会有一个输出端。

以上介绍的是基本的晶体管以及集成电路元件的符号。然而我们也会常用到其他集成电路元件，例如常见的电压调节元件 7805、7803、定时器 Timer 555，或是像 ATmega 328、ATtiny 45 等微控制器。我们时常用长方形来代表这些各式各样的集成电路组件，并标出其脚位名称，如图 2-20。

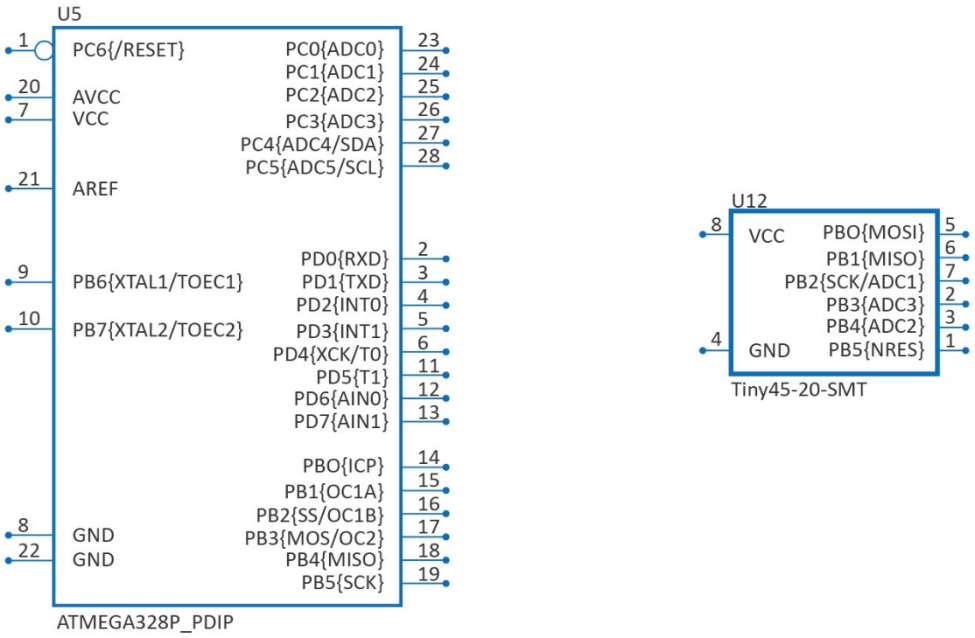


图 2-20 集成电路元件会使用长方形来表示，并标出每个脚位之名称

由于每个集成电路元件有可能彼此间的差异很大，所以标出脚位位置以及名称是非常重要的。

另外，运算放大器(operational amplifier)也有特定的电路符号，形状为三角形，如图 2-21 所示，有时您会看到有五个脚位：非反向输入(+)、反向输入(-)、输出以及两个电源输入脚位；有时则是只有三个脚位: 输入、电源以及地线。

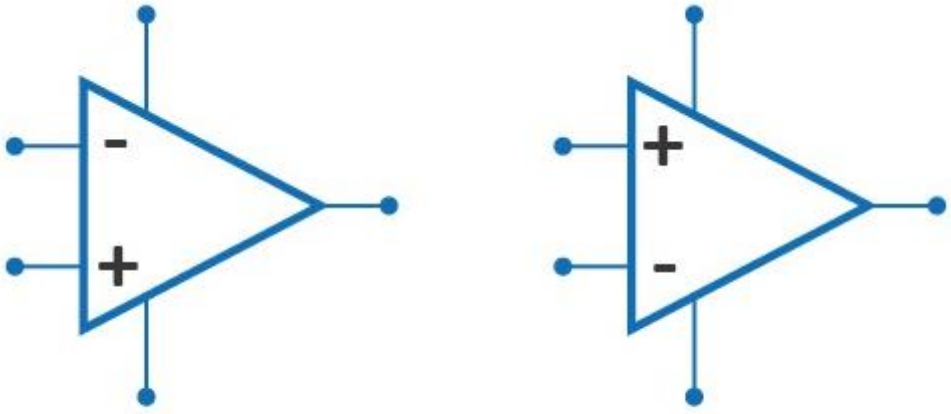


图 2-21 运算放大器的电路符号

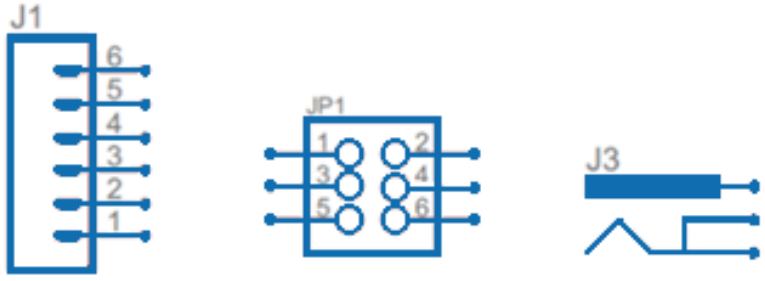
2-2-8 其他常见元件

接下来我们介绍一些其他常见的电子元件之电路符号。图 2-22 为石英振荡器(crystal)以及共振器(resonator)。

图 2-22 石英振荡器以及共振器

石英振荡器是电路中常见的重要元件，它们可以协助产生频率讯号。石英振荡器有两个脚位，而共振器只是接上电容的石英振荡器，有三个脚位。

不论是提供电源或是传送讯号，我们常用各式各样的连接器来整理线路。图 2-23 是几种常见的连接器的符号。



(a) (b) (c)

图 2-23 连接器的电路符号

在图 2-23 中，(a) 与 (b)为电线连接器，而(c)则为电源孔的连接器。

变压器的电路符号则如图 2-24 所示，由于变压器通常是由两组线圈所构成，因此其电路符号即为一组用直线隔开陷线圈。

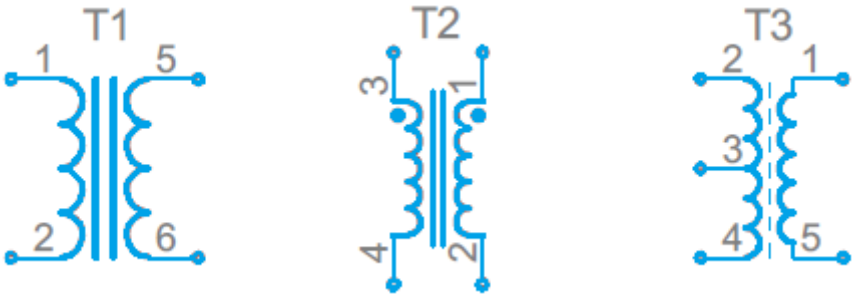


图 2-24 变压器的电路符号

继电器，则是由线圈以及开关的电路符号构成，如图 2-25 所示。而实际上继电器也是这样的结构。

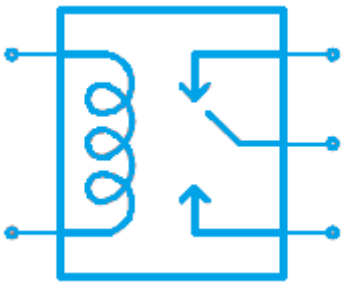


图 2-25 继电器的电路符号为线圈加开关

蜂鸣器与喇叭则也有其对应的电路符号，如图 2-26(a)以及图 2-26(b)所示。

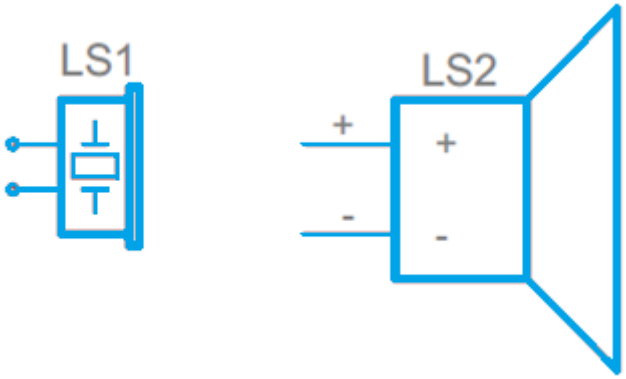


图 2-26(a) 蜂鸣器　　图 2-26 (b) 喇叭

马达通常用一个内含字母 M 的圆形加上两端电极的符号来表示，如图 2-27。

图 2-27 马达的电路符号

当然，电子元件可说是成千上万种，而其电路符号不尽相同，然而我们在这里介绍的符号应该可以让您看懂 90% 以上的电路图了。通常电路符号的设计会跟实物的运作原理相似，不过为了要表达得更清楚地，电路图上还会注明该元件的名称与数值。但是为了节省空间，这些电子元件的名称只会用一个到两个字母来表示，接下来我们就要来介绍不同组件会用到的名称。

2-2-9 名称与数值

电路符号通常会伴随着名称以及数值，而其中数值是最重要的部分。透过数值我们可以了解该元件为何物以及其大小值，例如看到欧姆就知道这是电阻、法拉就知道是电感等。而其他元件例如集成电路元件，其数值可能就会是该芯片的名字。

如前面所提到的，我们会用一或两个字母配合电路符号来代表电子元件，像是 R 就代表电阻、L 代表电感、C 代表电容等等，要是使用多个元件时，就会加上编号，例如用了三个电阻，那它们的名称就是 R1、R2、R3。表 1 列出了一些常见电子元件的代表字母。

表 2-1 常见电子元件之名称

名称	元件
R	电阻
C	电容
L	电感
S	开关
D	二极管
Q	晶体管
U	集成电路元件
Y	石英晶体与振荡器

通常电子元件的代表字母就是其英文名称的第一个字母，例如电阻的英文是 resistor，其代表字母就是 R。不过这个规则也会有例外，像是电感英文为 inductor，但是其代表字母却是 L，这是因为 I 已经被用来代表电流的缘故。

以上虽然是制式的代表字母，但是有时候不一定所有的电路图都会延用这样的方式，像有些电路图会直接把集成电路元件标明为 IC 而不是 U。即使如此，在解读电路图时，配合电路符号以及自己的判断，应该还是可以正确理解。

2-3 解读电路图

在了解电路符号后，我们基本上已经可以读懂电路图了，现在我们只需要认识一些走线的规则。

2-3-1 回路、会合点与节点

电子元件间彼此用线路结合起来就形成一个回路，如图 2-28 所示。

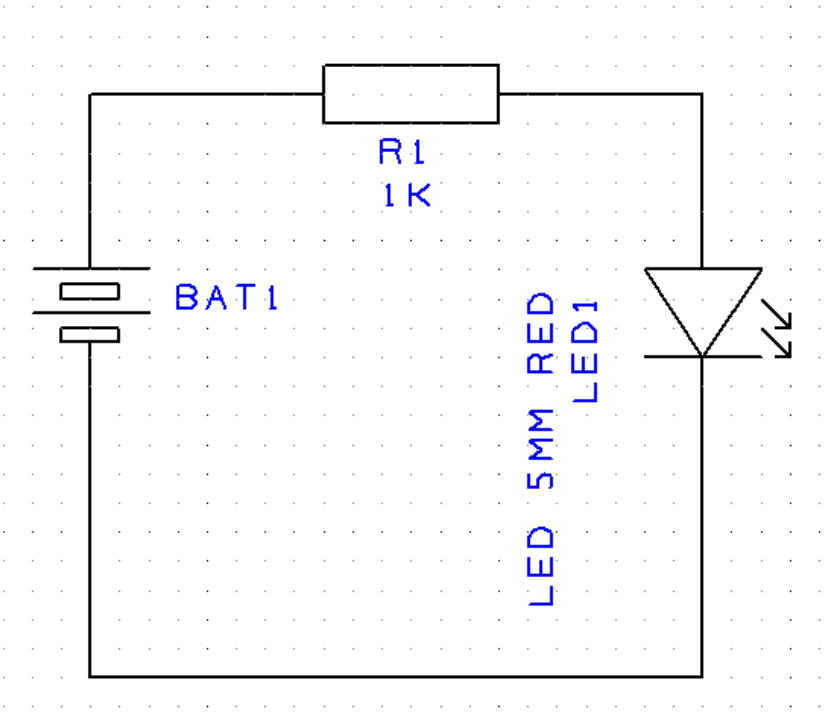


图 2-28 电子元件间彼此用线路连结起来即形成一个回路

当线路一分为二时，就产生了会合或分支点，我们用节点的符号，一个实心的圈圈，来表示这些线路的会合点，如图 29 所示。

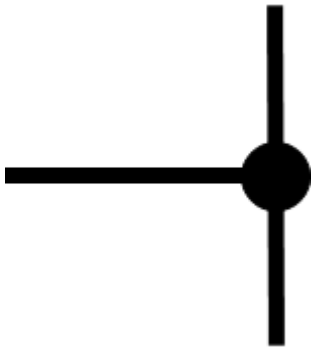


图 2-29 我们用节点的符号来表示会合点

请特别注意！若是您看到两条交叉的线但是却没有节点时，表示它们其实是两条独立的线，彼此是没有关系的，如图 2-30 所示。

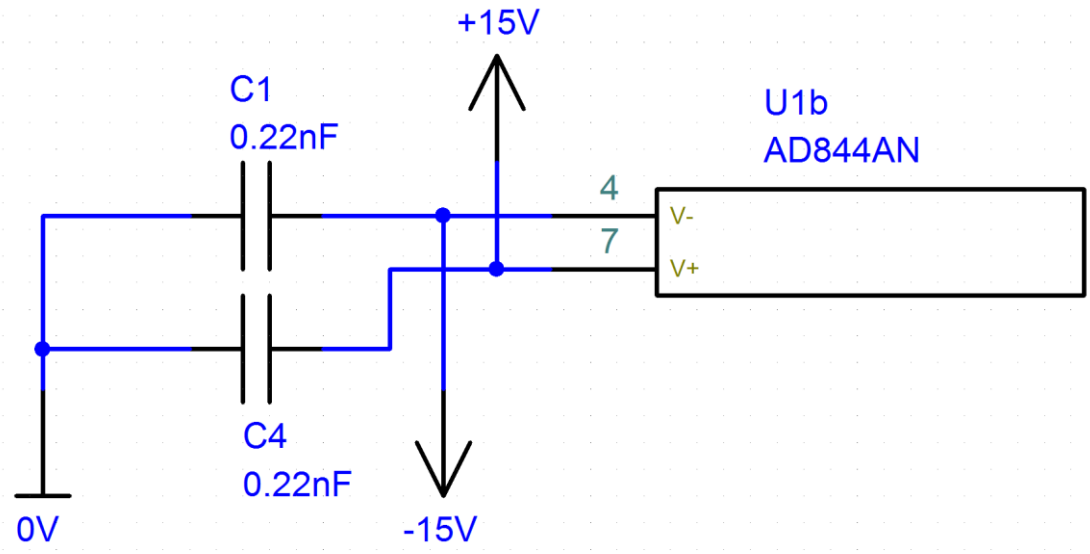


图 2-30 有节点表示线路互通，若是没有则代表两条不同的线路

有时候为了要避免线路连来连去导致电路图过于复杂，我们会使用标签来对应脚位，而不使用连线，如图 2-31 所示。

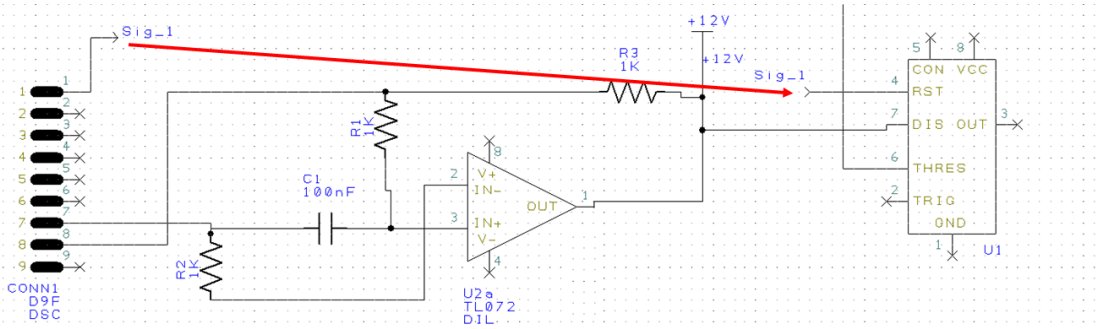


图 2-31 使用标签来做对应，以避免线路过于复杂

以上就是一些在解读电路图时所需要注意的地方，接下来就让我们正式进入到电路图设计。

2-4 电路图设计

2-4-1 建立电路图

要建立电路图，首先点选画面左上角的 File，并点选 New，如图 2-32。

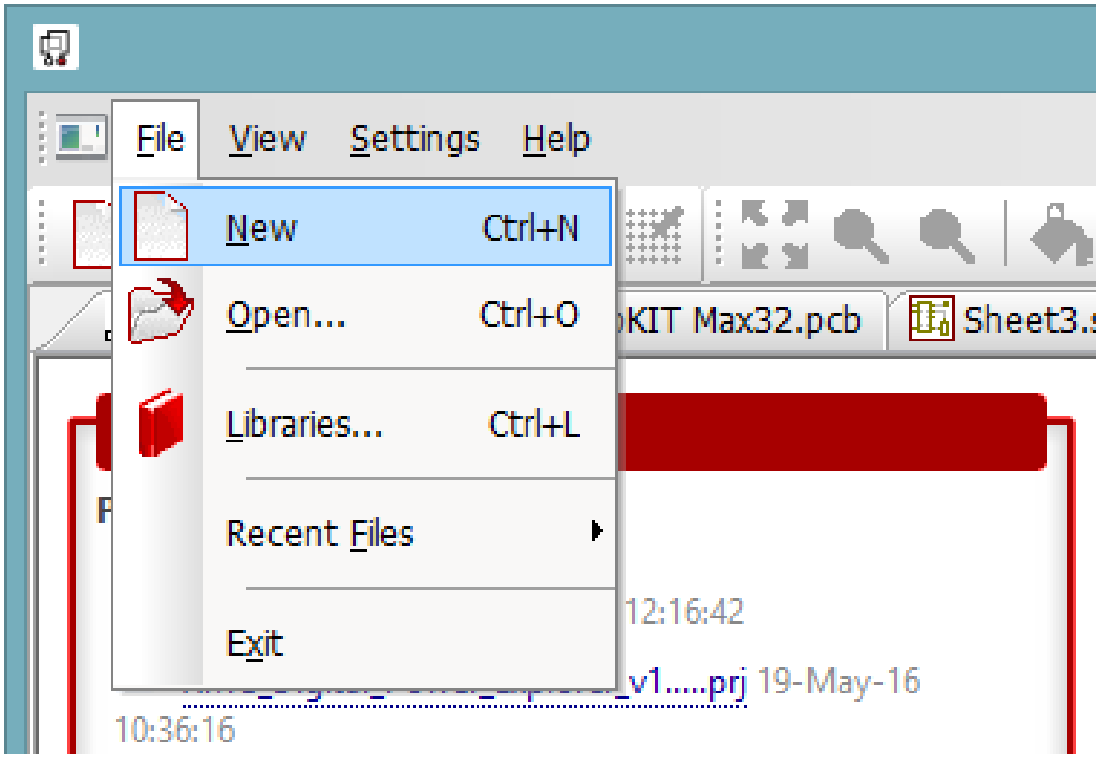


图 2-32 点选 File 选单里的 New 以新增档案

接着选择**电路图设计** (Schematic Design)，并勾选使用**技术文件**(Use Technology File)选项，选择 default.stf 并按下 OK，如图 2-33 所示，选择这个选项可以帮助您快速建立电路图。技术文件储存着构图时的偏好设定，例如背景颜色、背景格线、标准单位、构图参数(线条、连接点以及文字)等。因此在刚入门时，建议您直接选择 default.stf，这样就不用再做调整，日后您也能按自己的喜好建立专属的技术文件。

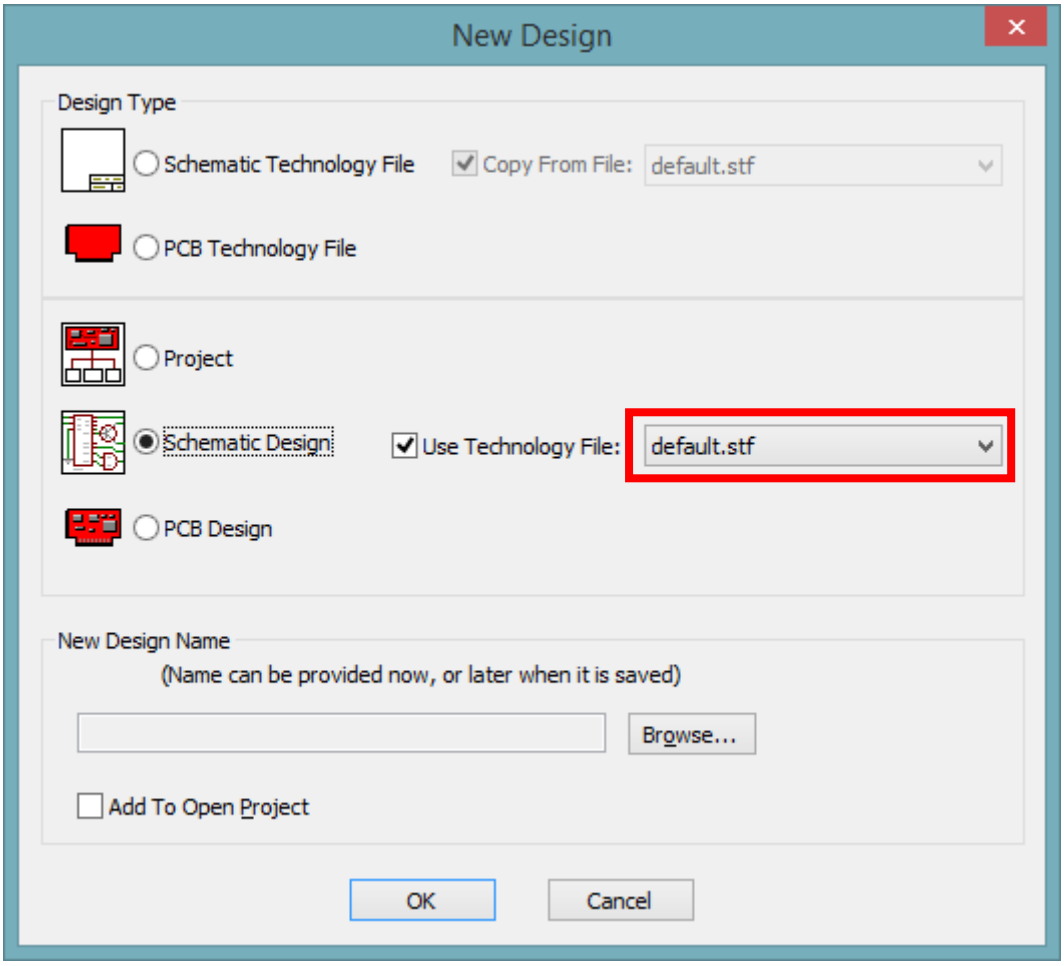


图 2-33 点选 Schematic Design，选择 default.stf

按下 OK 后，就会开启一个新的电路图，如图 2- 34。

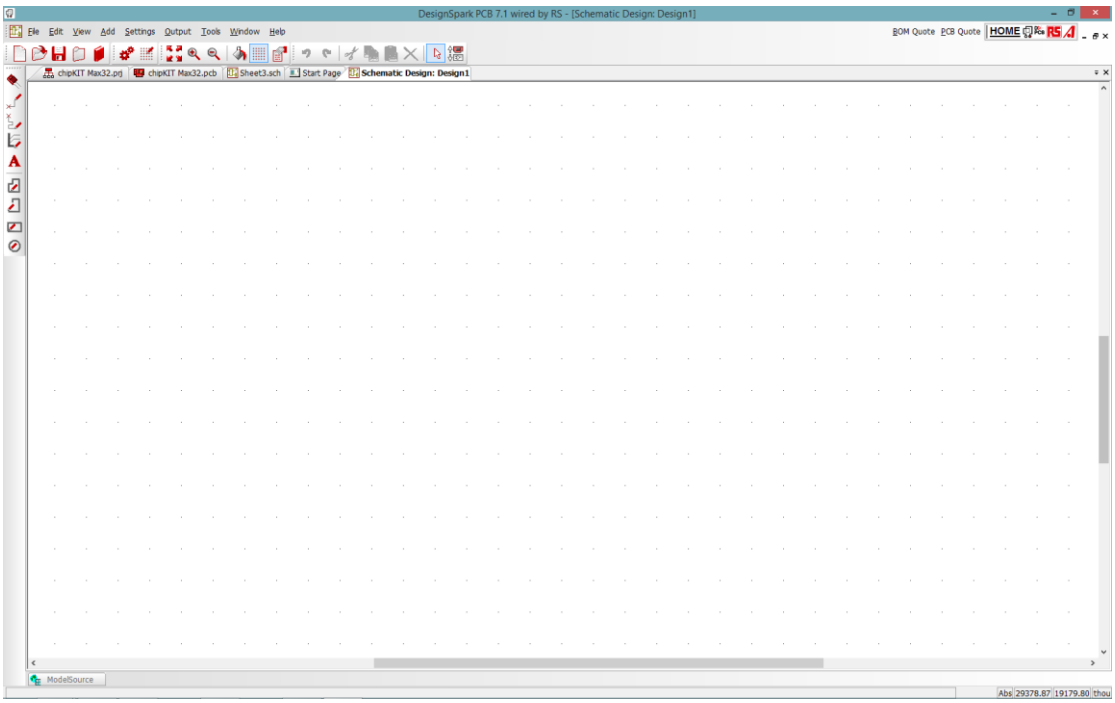


图 2-34 按下 OK 后，就会出现一个空白的电路设计图

在鼠标的操作上，左右键的点选跟一般的习惯相同，左键是选择，右键是展开各个选项，比较需要注意的是中间滚轮，滚轮往外滚为放大画面，往内滚则是缩小，若是按着不放则可以拉动设计图。

2-4-2 加入组件

新增零件的方法总共有两种：使用**互动列**(Interaction bar)、直接点击**新增零件**图标(Add Component)。

方法一：使用互动列

互动列在开启新的电路图时就已经默认在画面右边，如图 2-35 所示，若是您没有看到的话请按 F9，互动列就会跳出。

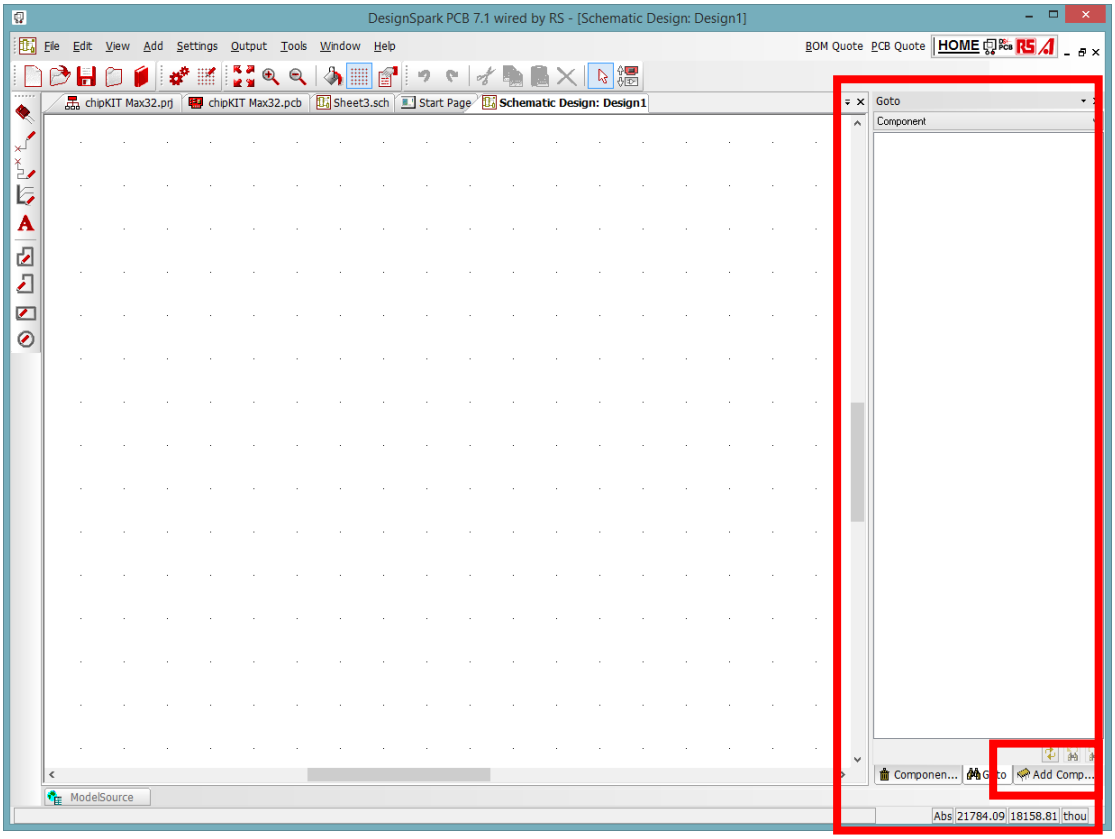


图 2-35 互动列在一开始就预设会出现在画面右边，若是没有出现请按 F9

接着选择互动列右下角的 **Add Component**，并在上方下拉式选单中选择

[All Libraries]，就会看到组件库，如图 2-36。在互动列中，您可以实时预览该组件的电路符号以及 PCB 符号。若是要新增组件，只需要用鼠标将该原件的电路符号拖到左侧设计画面中即可。

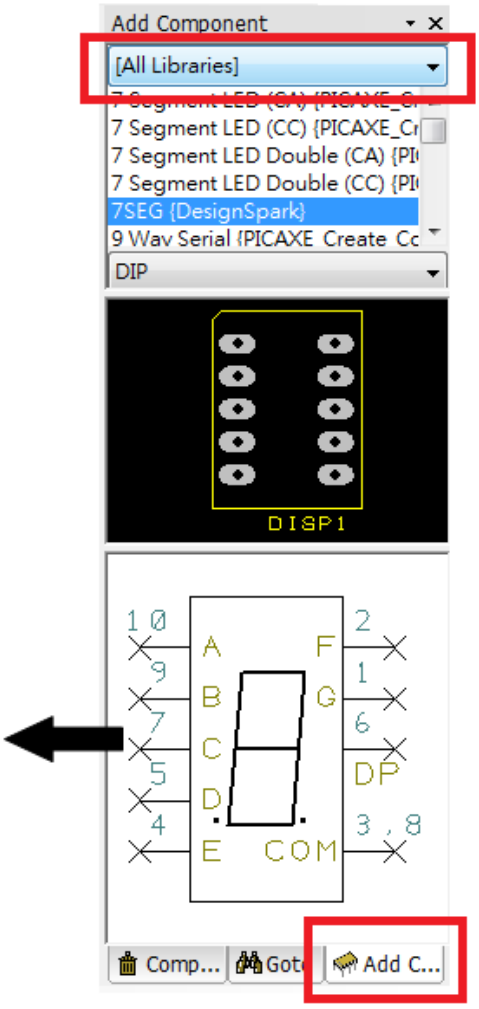


图 2-36 点选互动列右下方的 Add Component，并选择 All Libraries。透过鼠标拖拉组件的电路符号即可新增至设计图中

从下拉式选单您可以看到 DesignSpark 内建了一些数据库，若是您日后想要

新增或移除一些数据库，可以透过数据库管理员(Library Manager)来管理，要开始数据库管理员，请点选画面上方工具栏的 **Library Manager**，图示为 ，如图 2-37 所示。

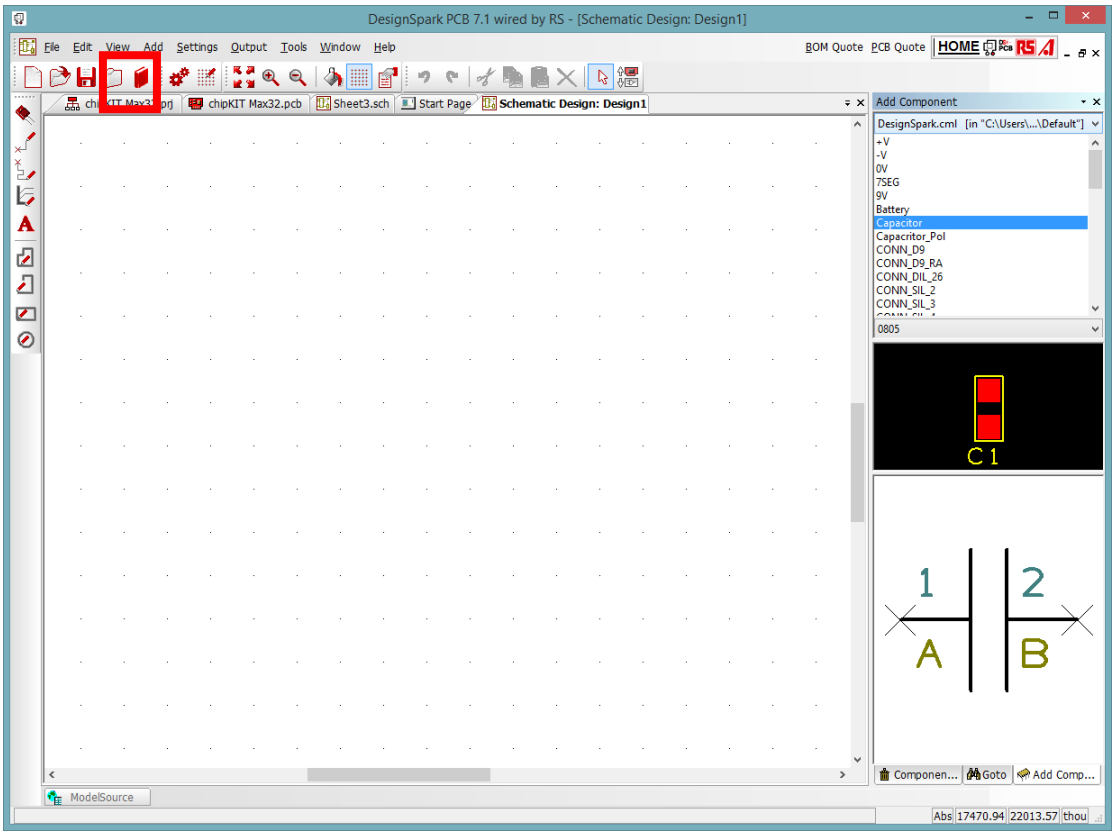


图 2-37 点选 Library Manager 以管理数据库

进到数据库管理员后，点选 **Folders** 标签页，就会看到目前所有的数据库，要启用或是停用，只需要先选择数据库，并勾选右边的**启用文件夹**(Folder Enabled)即可，如图 2-38 所示。

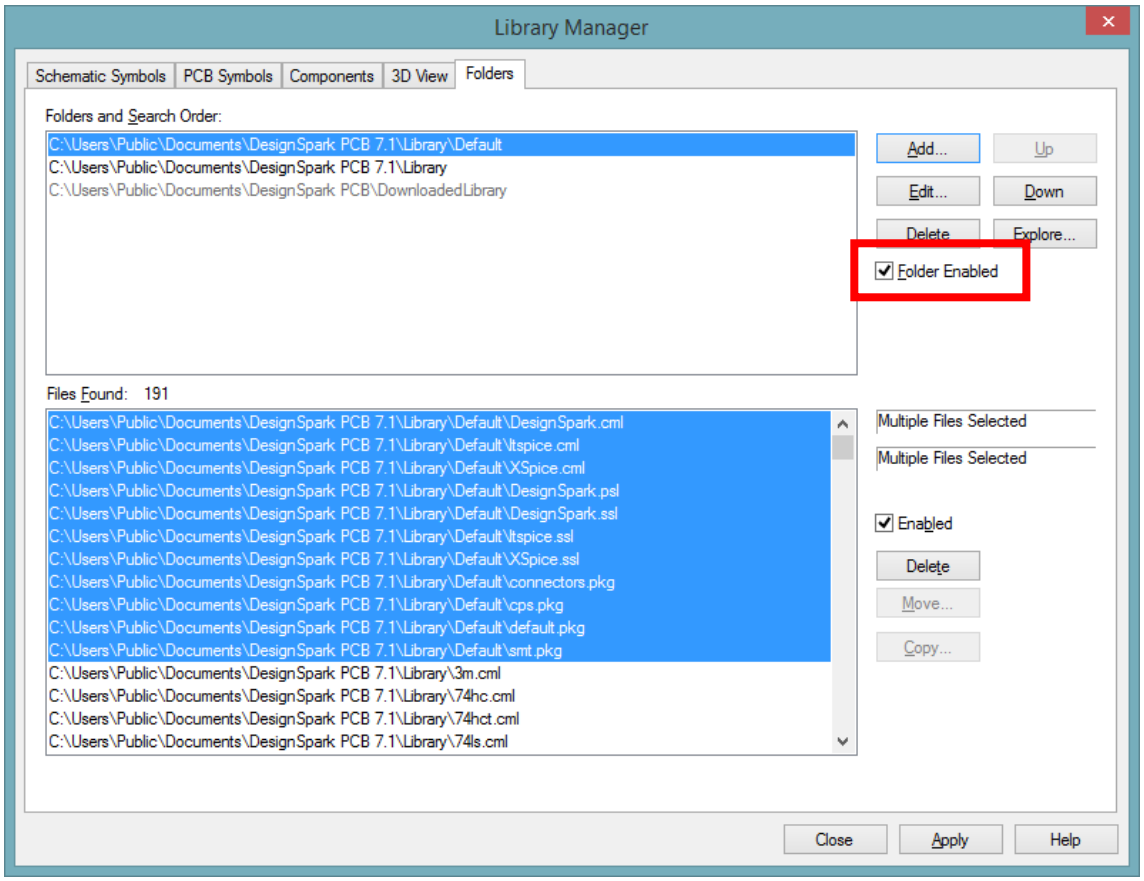


图 2-38 透过勾选启用文件夹选项来决定是否要启用数据库

由于在后面的章节我们需要实际操作一些范例，所以在这里请先把所有的文件夹都启用。

方法二：点击 Add Component 图示

此方法与方法一类似，不过步骤比较多，但是功能也更为完整。首先要先点击**新增元件**(Add Component)的图标 ，快捷键为 F3，其在画面中的位置则如图 2-39 所示。

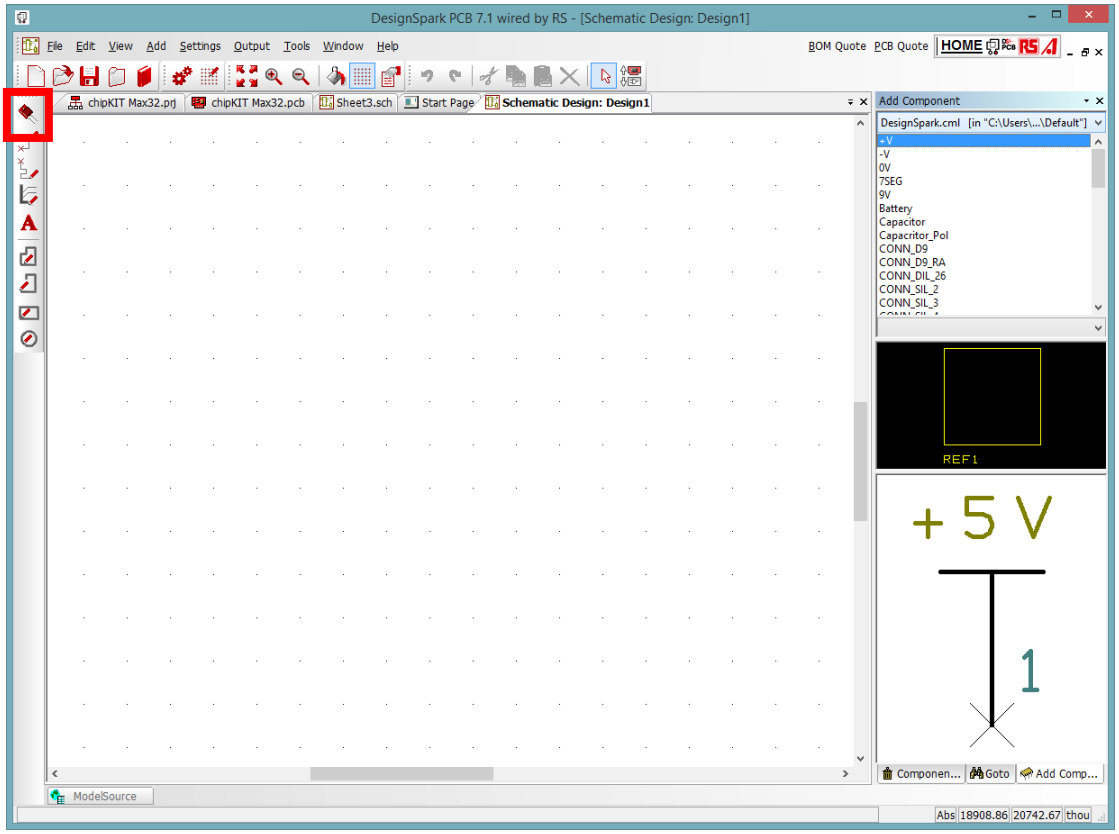


图 2-39 点击新增元件的图标以新增元件

接下来就会出现对话窗口，使用此方法的好处就是可以搜寻元件，如图 2-40 所示，您可以点选**寻找**(Find)按扭来搜寻元件，这在新增某些 IC 时会非常实用。另外，在此窗口中也可以预览元件的电路符号以及 PCB 符号。

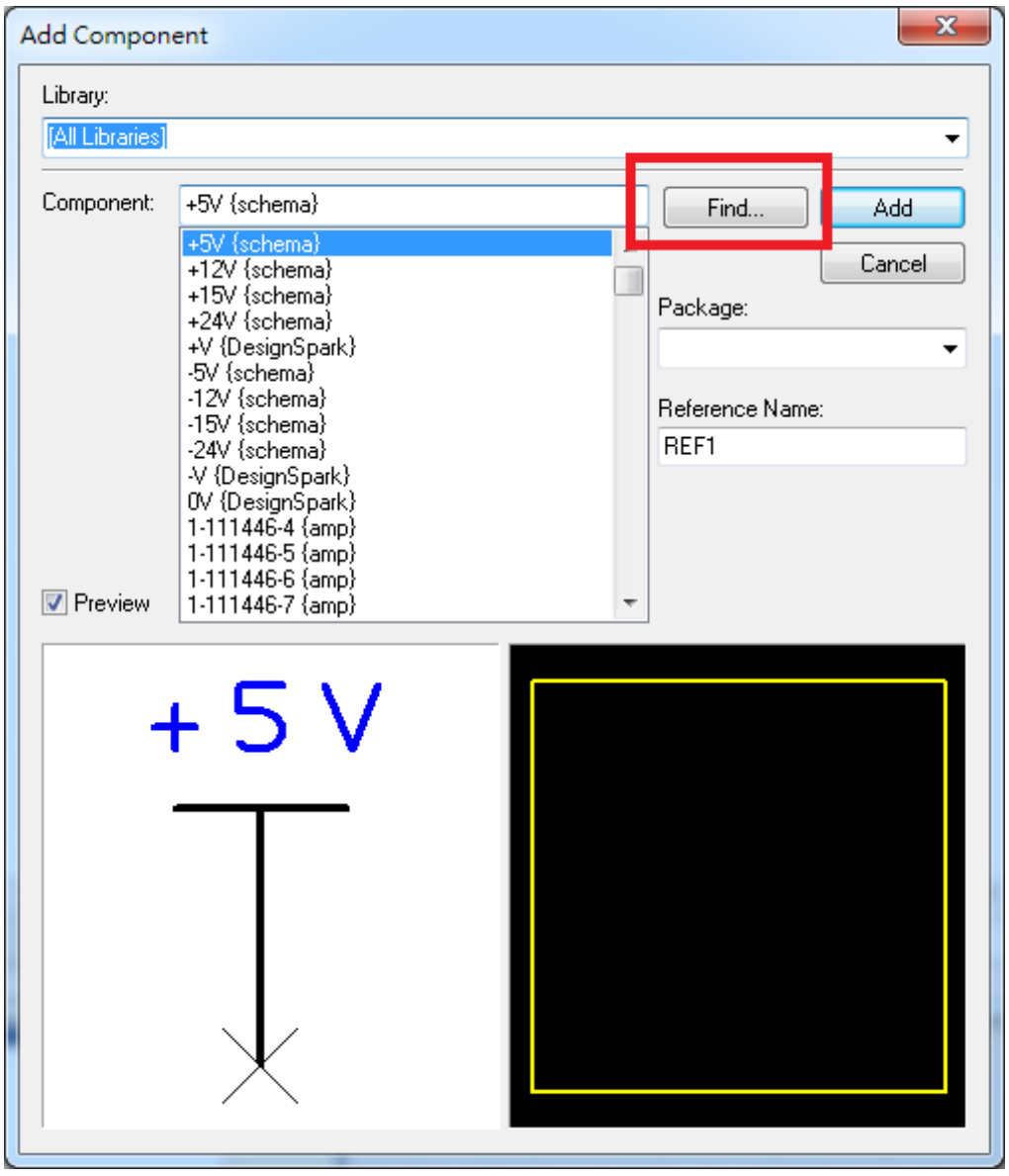


图 2-40 点选 Find 以搜寻元件

举例来说，若是我们想要新增一个 555 定时器，就可以点选搜寻按钮进行搜寻。假设我们想要浏览所有 555 定时器的型号，则只需要在搜寻列输入 555，并将搜寻条件设为**包含**(Contains)，如此则所有名称中有 555 的电子元件都会显示出来，如图 2-41 所示。

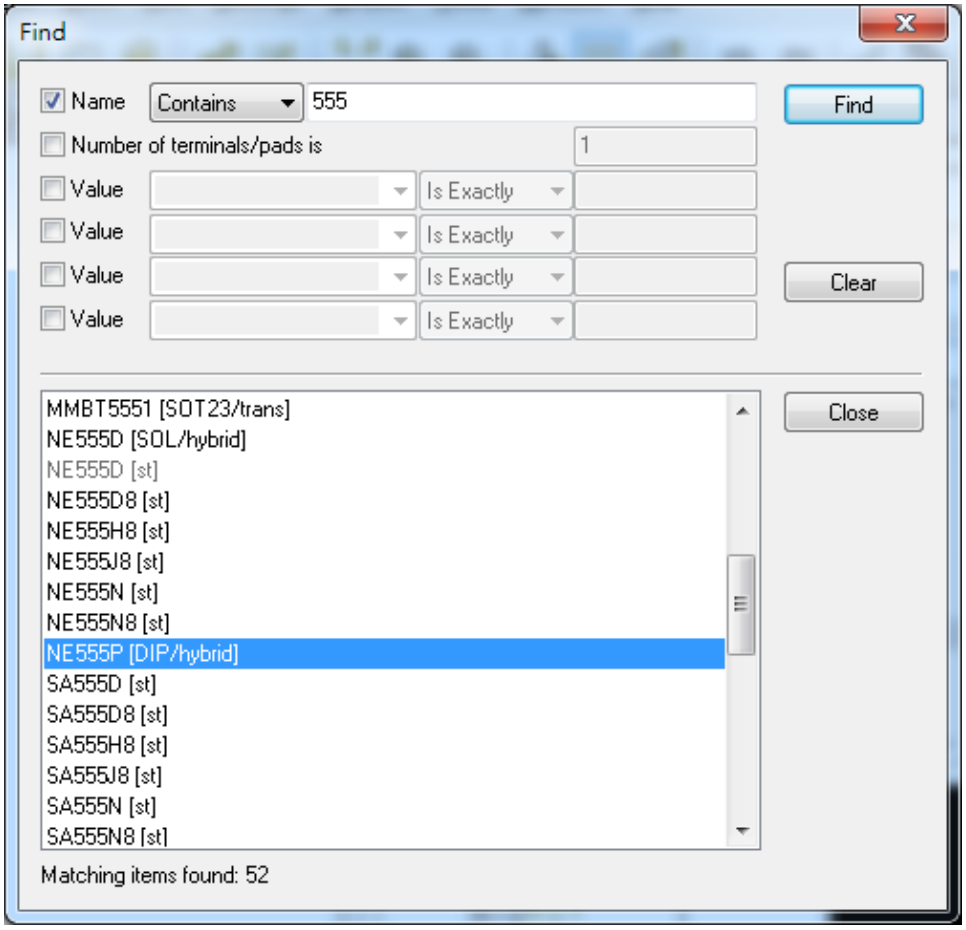


图 2-41 搜寻接口的操作

当您在点选搜寻结果时，请记得此时还可以使用元件预览的功能，当您点选不同的元件时，在新增元件的窗口依然可以看到该元件的电路图符号以及 PCB 符号。

要添加元件，只需要双击鼠标左键即可，此时画面会跳回设计图窗口，您可以一直点选鼠标左键来添加多个元件，按下<Esc>可以停止添加元件，如图 2-42 所示。

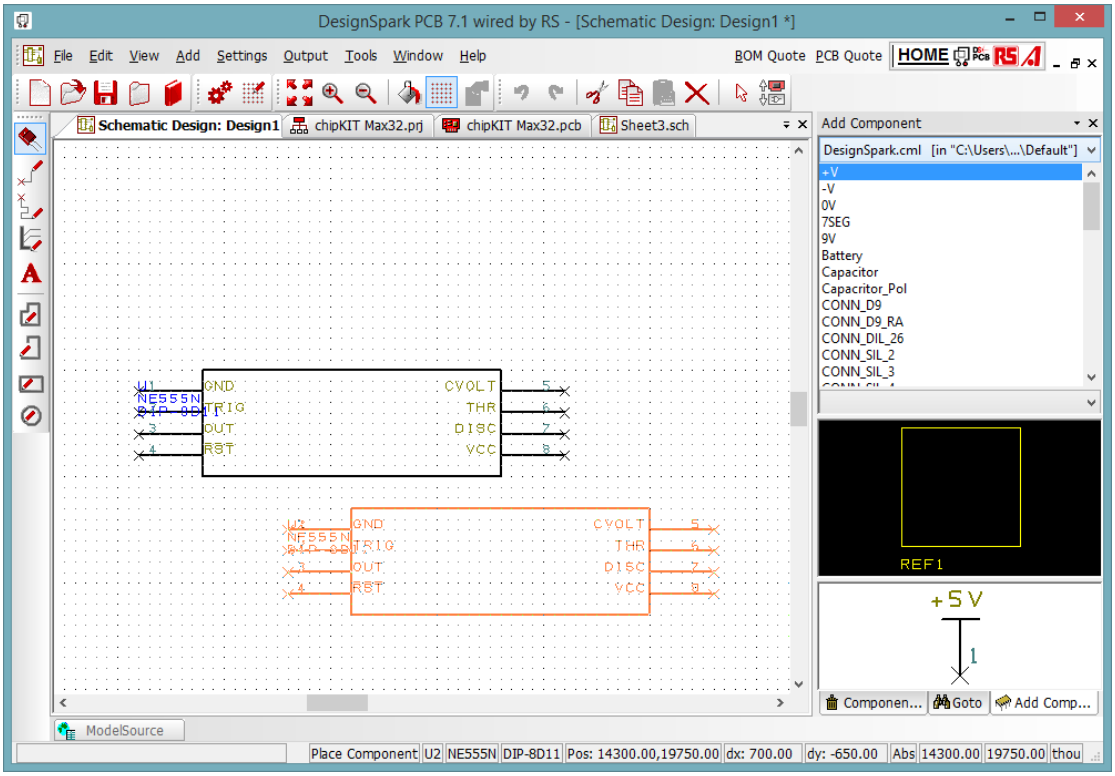


图 2-42 藉由按下鼠标左键来添加多个单一元件，按下<Esc>可以停止添加

以上为两种您会用到的元件新增方式。当拉出所有的元件后，接下来就是要设定各元件的数值，您可以用鼠标右键点击元件选择**属性**(Properties)或是直接用鼠标左键点两下，就会进入到属性设定页面，接着选择**数值**(Values)标签页，就可以设定各项数值，如图 2-47 中的电阻为例，其值皆设为 1K。

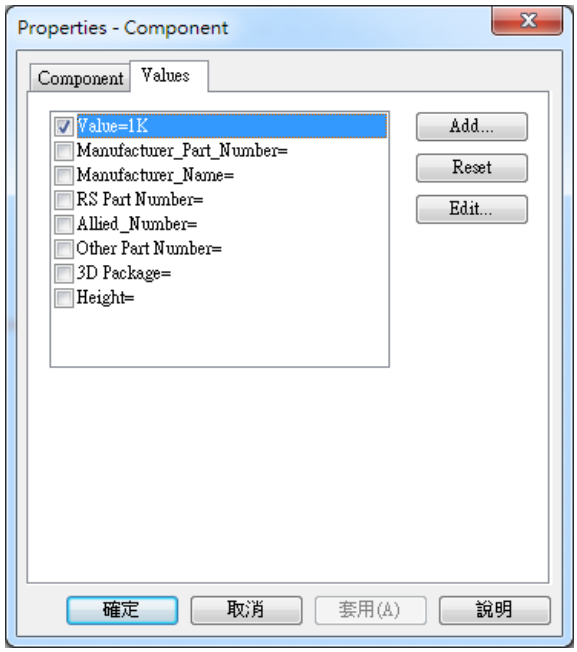


图 2-47 设定元件数值

要旋转元件，您可以用鼠标右键点选元件并选择**旋转**(Rotate)，里面会有许多旋转的选项，不过建议使用快捷键会比较方便迅速。按下<R>，元件就会逆时钟转 90 度；按下<Alt+R> 则是顺时钟旋转 90 度；按下<F> 则是翻转，如图 2-48。

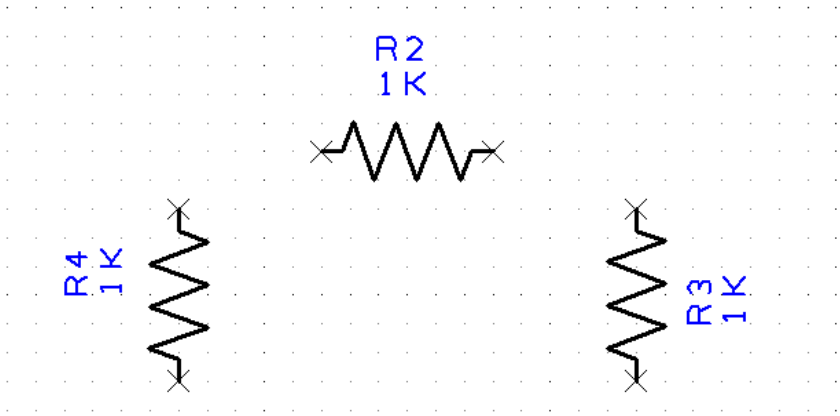


图 2-48 可以透过按下 <R>、<Alt+R> 或是 <F> 来翻转元件

2-4-3 新增线路与电源符号

新增线路有三种方式，我们可以按着接点拖拉、点两下接点或是按下左侧设计工具栏**新增连接**的按钮 来新增。当连接建立后，原本在接点的 X 就会消失，

代表连接完成。

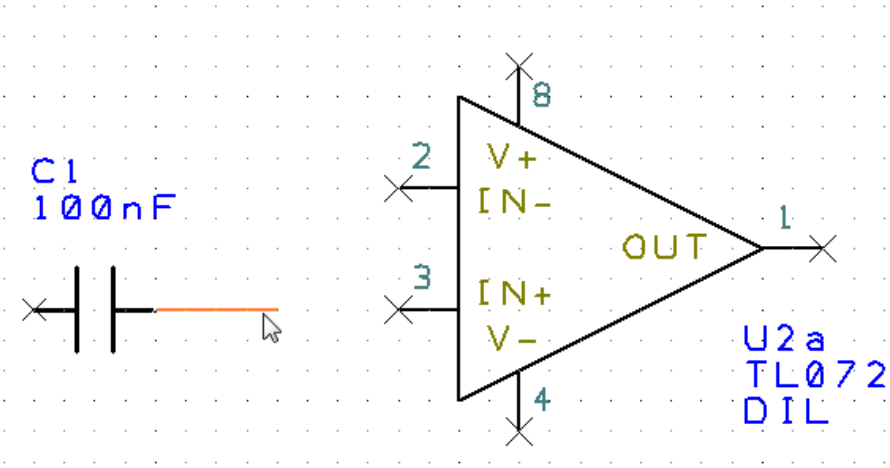


图 2-49 直接拖拉、点两下接点或是点选新增连接按钮即可产生线路连接元件

如同在上一节中所提到的，线路是否有互通或是只是单纯地交会而没有相通，取决于在交会处是否有实心节点，要产生交会节点，只需在建立线路时点选其他线路即可，这样就会产生会合节点，若是直接越过去则不会产生，如图 2-50 所示。

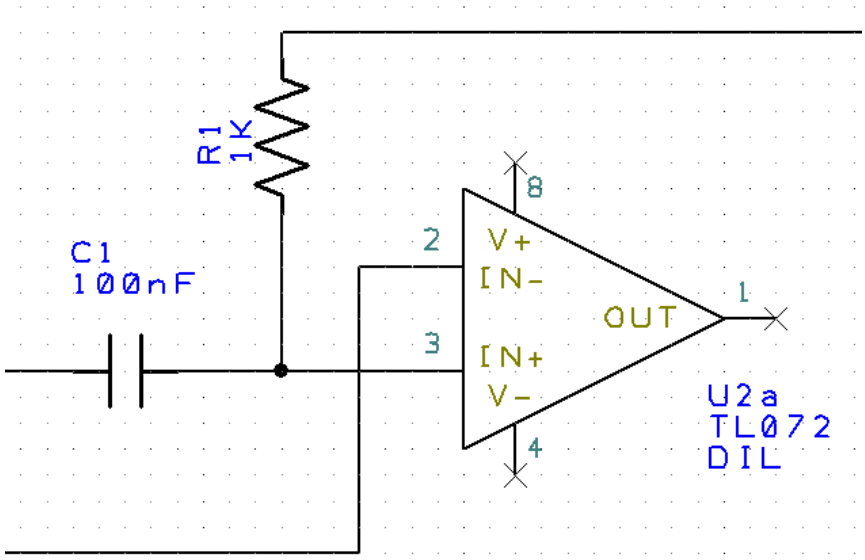


图 2-50 建立线路时直接拉到其他线路上就会产生会合结点，代表它们是共通的

在上一节我们有提到电路图中会使用电源与接地符号来简化电路。要加入电源或接地符号，只需要在新增元件的时候搜寻即可。把电源或是接地符号加入回路时，它们会自动继承所属回路的名称属性，并跳出一个确认对话窗，此时直接

点选 OK 即可，如图 2-51 所示。

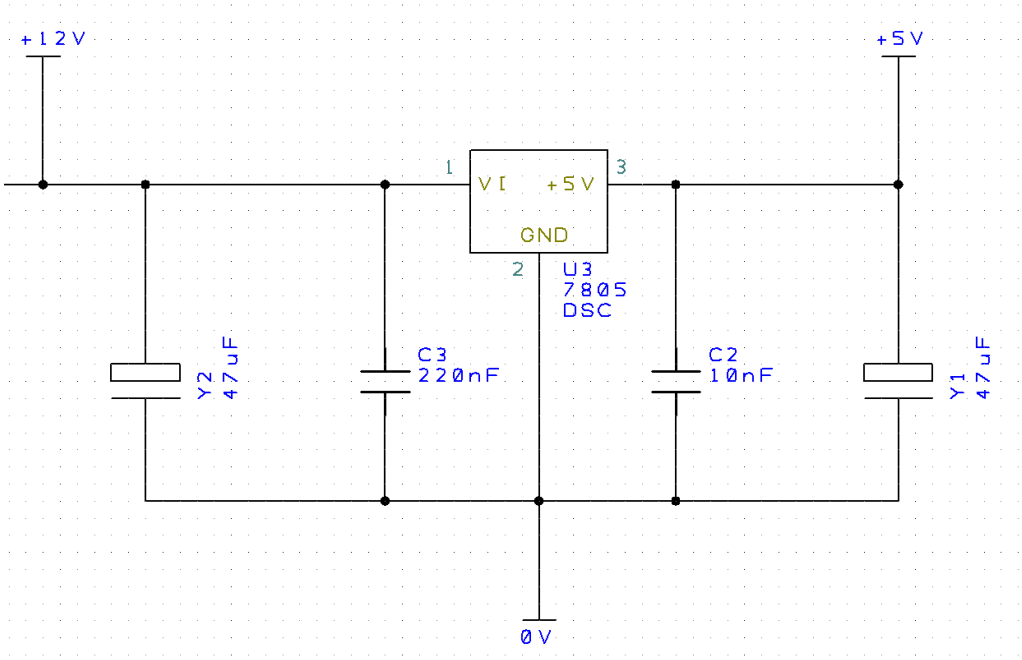


图 2-51 加入电源与接地符号

请注意，电源与接地的符号仅有在电路图中做为示意用途，在转换成 PCB 图时并不会被转换。

2-4-4 加入连接器与参考标签

接着我们说明如何使用连接器与产生参考标签。在加入元件的交互列，请在元

件数据库选单中选择**连接器**(Connector.cml)，就会看到各式各样的连接器。我们使用互动列来新增零件，当然如果您想要用其他的方法也可以，请选择 D9F 连接器，如图 2-52 所示。

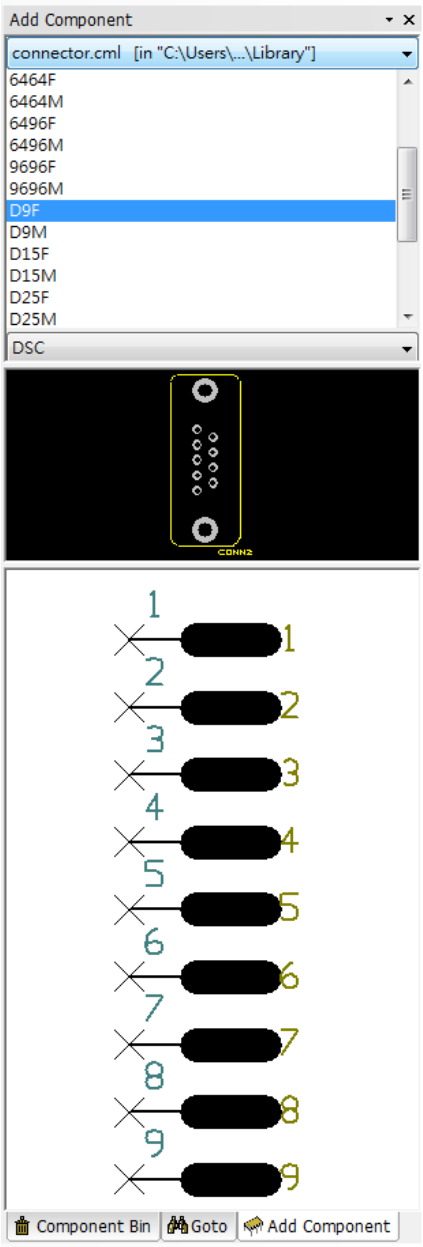


图 2-52 新增一个 D9F 连接器

如前所述，我们可以使用参考标签来让电路图中的线路更为简单。加上参考标签后，虽然在电路图上并不会有实体连接将元件连在一起，然而在转为 PCB 图后，

它们就会被连接起来。要加入标签，请按新增元件，并选择 schema.cml，寻找 TO 元件并拉到电路图中，将其与您想要延伸的接点相连，如图 2-53 所示。

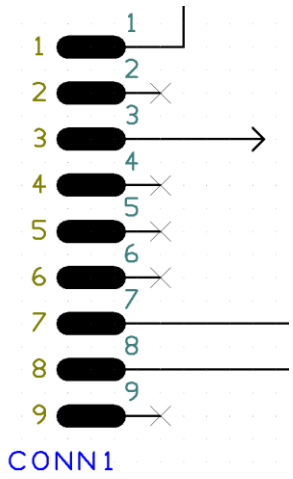


图 2-53 拉出 TO 组件并与想要延伸的接点相连

接着要设定参考名称，请用右键点选 TO 元件并选择**变更回路**(change net)，再设定一个您想要的名称与类别，在这里将名称设为 Sig_1，而类别为**讯号**(Signal)，如图 2-54。

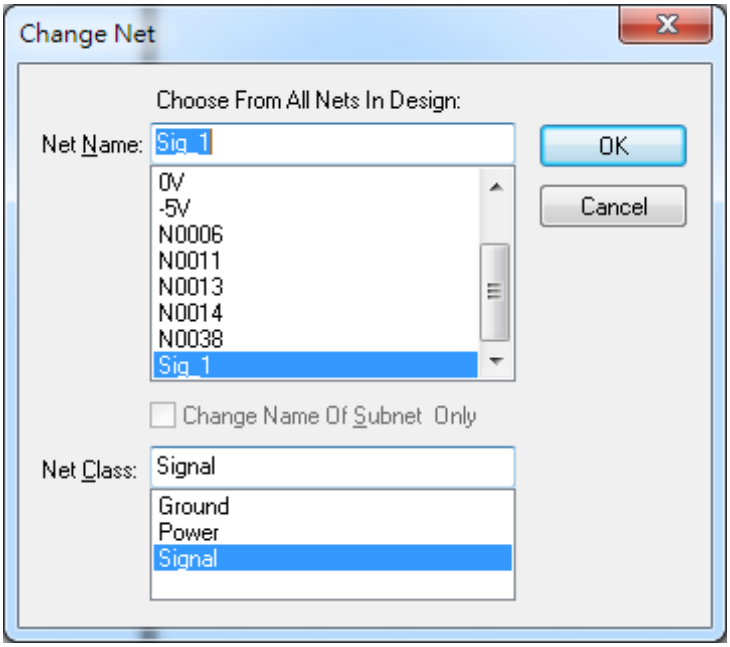


图 2-54 设定回路对应的名称

设定完对应后，我们可以将名称显示出来以方便阅读。请用右键点选 TO 与接点之间的连接，选择显示回路名称(Display net name)，就会显示出标签的名称，

如图 2-55。

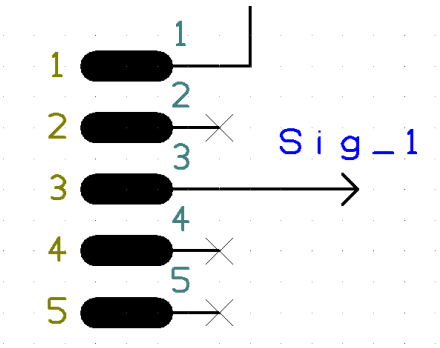


图 2-55 点选显示回路名称就可以建立参考标签

接着只需要在您想要建立对应的元件上重复操作即可，如果只要延伸线路，您可以选择另一个 TO，若是要延伸并接到其他元件内，您可以选择 FROM 元件，如图 2-56 所示。

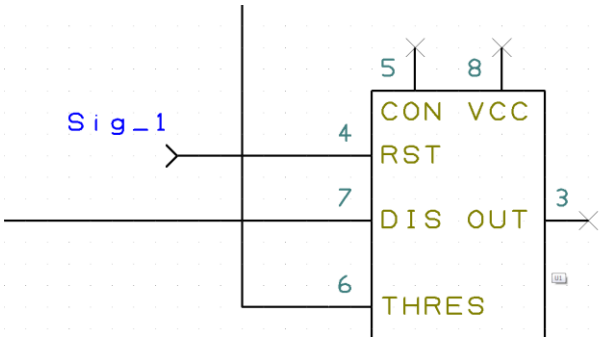


图 2- 56 您可以使用另一个 TO 或是用 FROM 元件来建立对应

2-5 总结

本章我们从如何读懂电路图开始介绍，认识了大部分常见电子元件的电路符号以及连接方式。在电路图设计上，则介绍了许多实用的技巧，包含了新增元件、建立线路以及使用参考标签来简化电路等等，建议您多加练习以掌握这些技巧。在接下来的章节中，首先将介绍印刷电路板的原理，并接着说明如何将您设计好的电路图转成 PCB 设计图，所以请确认您对于本章的概念以及技巧都熟练后再接着往下阅读。

第三章

印刷电路板设计

3-1 印刷电路板介绍

不管您是否了解印刷电路板，您都必须承认它在我们日常生活中扮演非常重要的角色。从计算机到手机乃至于各式各样的电子产品，都可以看到它的踪影。在正式进入电路板设计前，首先要介绍关于印刷电路板的基本知识。

印刷电路板(printed circuit board, PCB, 接下来都以 PCB 称呼)，是由上了铜的玻璃纤维板制成。比较专业的板子则会再加上**防焊层**(solder mask)以及**丝印**(silkscreen)，其架构如图 3-1 所示。

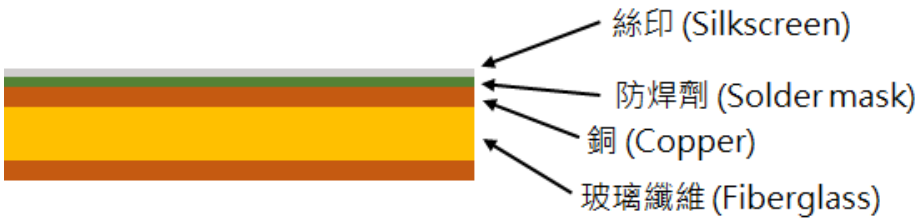


图 3-1 印刷电路板的架构

PCB 的基板通常是由玻璃纤维构成，玻璃纤维是一种坚固牢靠的材料，让 PCB 可以具有一定的强度。有时候在电料行或一些较阳春的电子产品中可以看到用环氧树脂构成的 PCB 板，使用树脂为基板比较便宜，但是在焊接时容易产生难闻的气味与烟雾，而由于其熔点较低，若是与烙铁接触太久就会损坏，另外，其强度也没有玻璃纤维来得坚固。

包覆住玻璃纤维层的则是铜，通常是透过一些特殊黏着剂以及热加工使其附在玻璃纤维板上。铜可以有很多层，常见的有单层、双层、四层、六层、八层、

十二层甚至到十六层等，彼此之间则有绝缘层。一块 PCB 的层数越多，代表您可以布的线路就越多，当然层数越多在除错上就会更为复杂。

防焊剂会被涂在铜层之上，通常是绿色，有时候也会看到黑色、蓝色(主板、显卡等等)或红色等等。防焊剂的功用是为了要避免焊接时焊锡在焊点与走线之间到处流动，同时也可以防止铜层碰到其它导体造成短路，如图 3-2 所示。

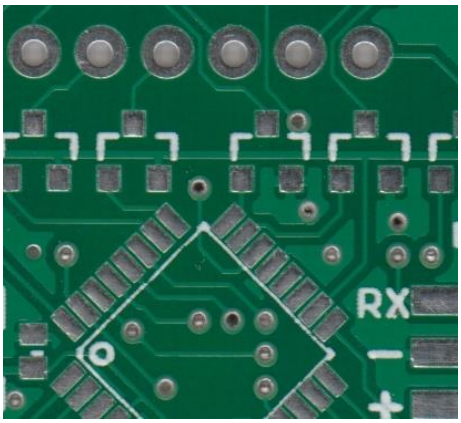


图 3-2 上了防焊层的 PCB (图片来源：https://learn.sparkfun.com)

在图 3-2 中，您可以看到线路都被防焊剂覆盖，只留下焊点，如此就能保护 PCB 的线路，不容易受到噪声干扰，也不会轻易短路。另外，在图 3-2 中您可以看到穿孔的圆形焊点以及用于**表面封装元件**(surface-mount device, SMD)的长方形焊点，它们周围都镀上了金属，如此可以确保焊点跟走线连在一起。

图 3-3 是没有防焊层的 PCB，因此您可以看到裸露的铜线路以及玻璃纤维板。

图 3-3 没有上防焊层的 PCB，可以看到铜构成的线路与玻璃纤维板
(图片来源：https://learn.sparkfun.com)

PCB 最上层有时则会再印上丝印，其功能即为标签，是用来描述脚位的名称、摆放位置、制造厂商与商标等，如图 3-4 中的 Arduino MEGA 2560 所示。

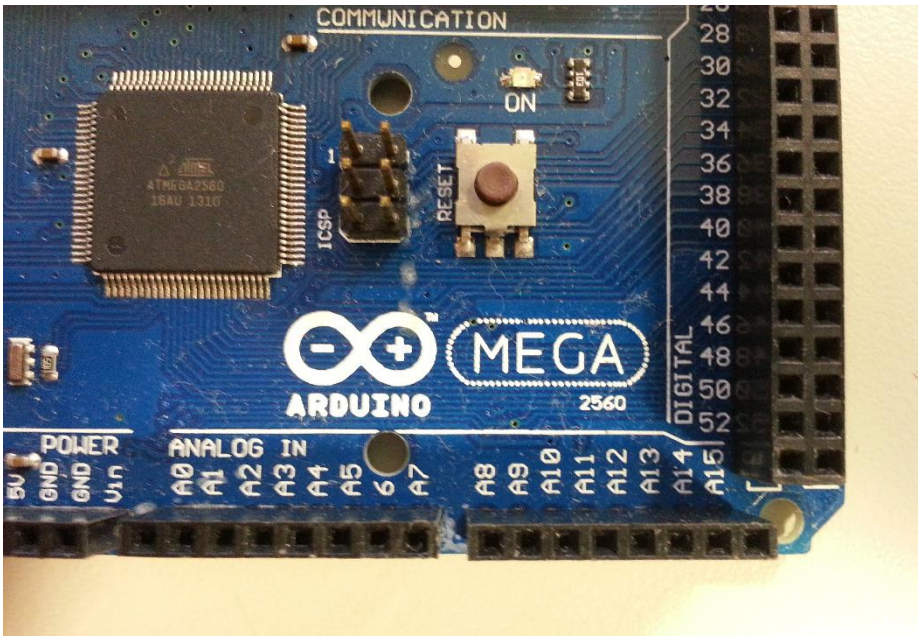


图 3-4 丝印的功能就是标注信息，会印在 PCB 最上层

除了贯穿的圆形焊点外，有时候您还会在 PCB 上看到一些小洞，有些有贯穿，有些没有贯穿，它们其实是**导孔**(via)，用来连接双层板或多层板中不同层之间的线路，如图 3-5 所示。您可以看到贯穿板子的小洞，我们称做贯孔，它们的功用是为了要使不同层的线路可以全部互通。

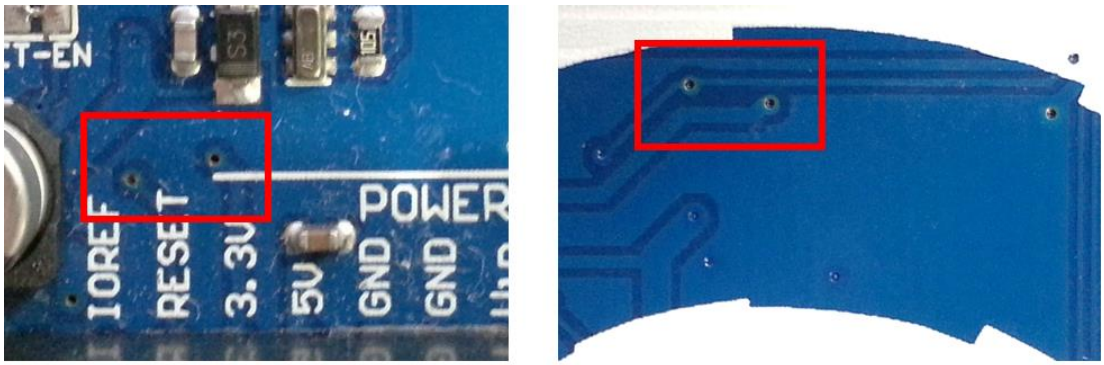


图 3-5 贯孔会贯穿板子，使各层的线路可以互通，图中标示两个贯孔，分别从 PCB 正面与背面拍摄

贯孔连接不同层的原理则如图 3-6 所示，在钻了一个贯穿的洞后，再上金属，即可连通不同层的线路。通常贯孔周遭也会上防焊剂，所以您只会看见孔洞，而不会看到周遭的金属。

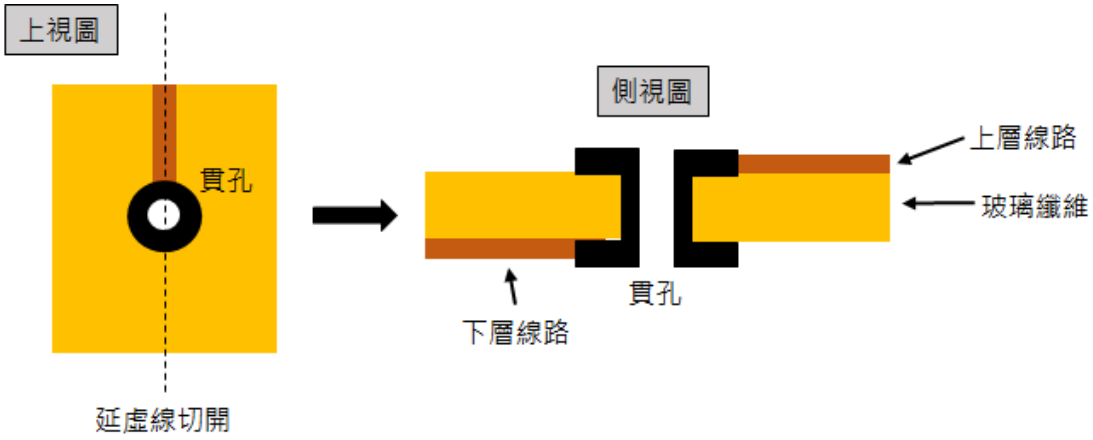


图 3-6 贯孔之所以可以连接不同层的原理

有时候在多层板中，我们只想连接其中几层而不是全部，就会使用**盲孔**(blind via)或是**埋孔**(buried via)，盲孔只会穿透 PCB 内部其中几层以及表面，外表看起来就是没有贯穿的洞，而埋孔则是只连接内部几层，所以从外表是看不出来的。

在设计上，导孔越小对于 PCB 越有利，因为如此就会有更多的空间可以布线，但是这也必须看 PCB 制造商可以把导孔做到多小。

3-2 建立 PCB 图

在完成电路图设计后，我们可以直接使用 DesignSpark PCB 中的工具将电路图转为 PCB 图。这里我们直接使用 DesignSpark 提供的电路图范例来操作，请点选开启旧文件，在范例文件夹(路径为 .../DesignSpark 7.2/Examples)选择 riaa amp.sch，如图 3-7 所示。

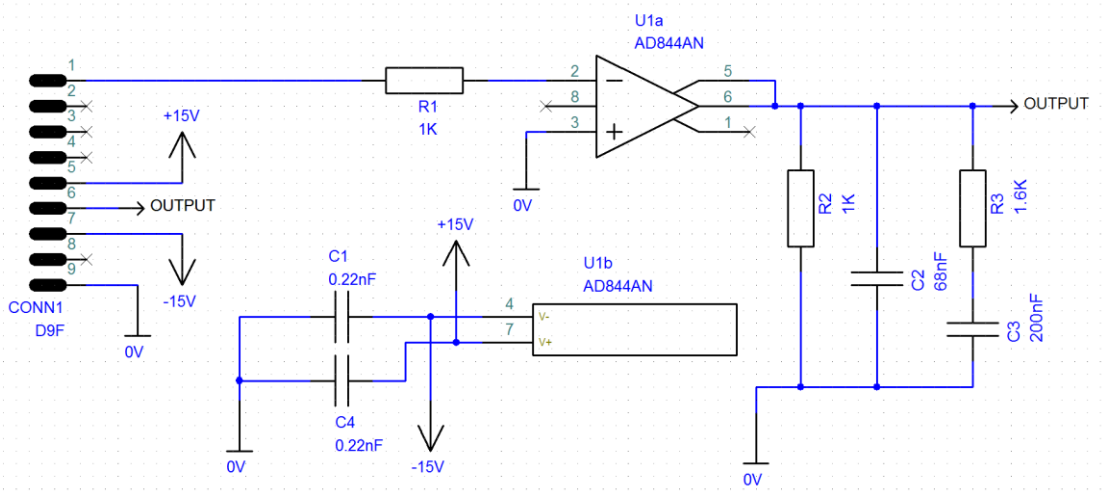


图 3-7 开启 DesigmSpark 范例文件夹的 riaa.sch

会选择这个电路是因为它是 DesignSpark 内建范例中最简单的一个，适合我们拿来说明与操作。RIAA 其实是美国唱片业协会 (Recording Industry Association of America) 的缩写，而以上的电路之所以会直接取名为 RIAA，是因为它实做了符合 RIAA 所制定的唱盘唱头放大器(RIAA equalization)规格的电路。简单地说，这其实是一个给黑胶唱片机用的电路，电路里面的 AD844AN 就是一个运算放大器。黑胶唱片是 CD 的前身，用来储存声音用，现在市面上几乎已经看不到黑胶唱片，如果您从来没听过它，表示您非常年轻！

言归正传，要将电路图转换为 PCB，请点选画面上方选单的**工具**(Tools)中的**转换为 PCB** (Translate to PCB) 以进入转换精灵，如图 3-8 所示。

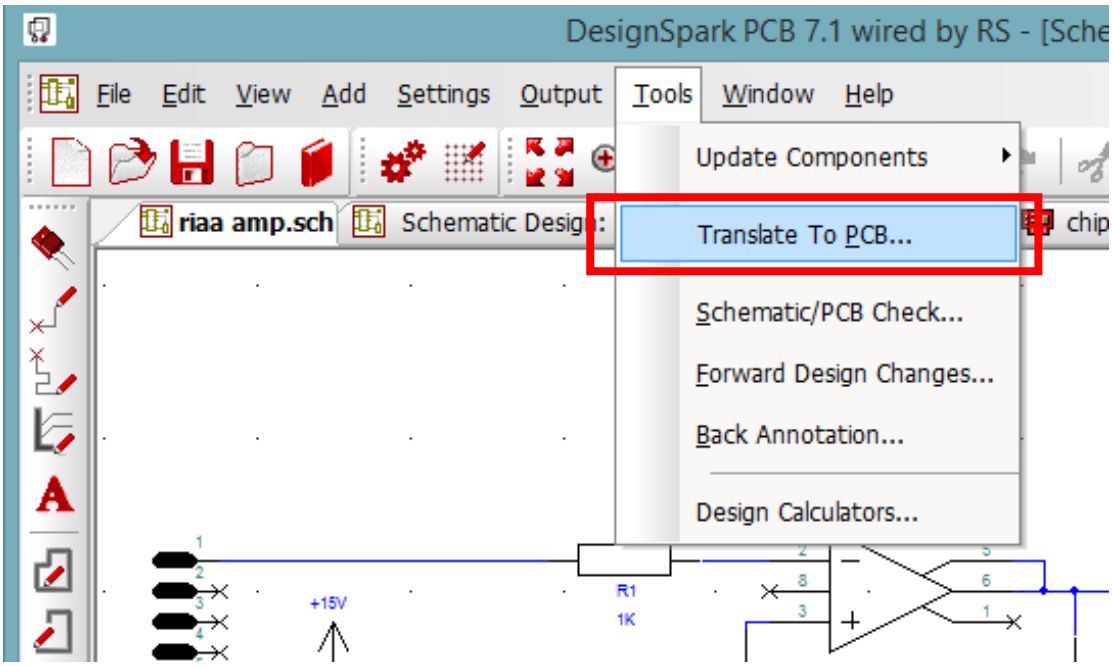


图 3-8 选择 Translate to PCB 以转换电路图

进入 PCB 转换精灵后，第一页只是提醒您记得要确认电路图中的每个元件都是正确的，请勾选「我已阅读并接受以上讯息 (I have read and accept the message above)」并按下一步。接下来就是选择您想要的技术文件以及设计单位，这里请选择**使用预设的技术**(Use Default Technology)。DesignSpark PCB 也有提供已经定义好的技术文件 2sig2plane.ptf，这是一个四层的技术文件，包含两层讯号层、一层电源以及一层接地。然而因为我们的电路是使用双电源 (+15V 以及-15V)，且为了简单起见，暂时先不使用。单位的部分请选择公制的 mm，并将精细度设为 2，如图 3-9 所示。

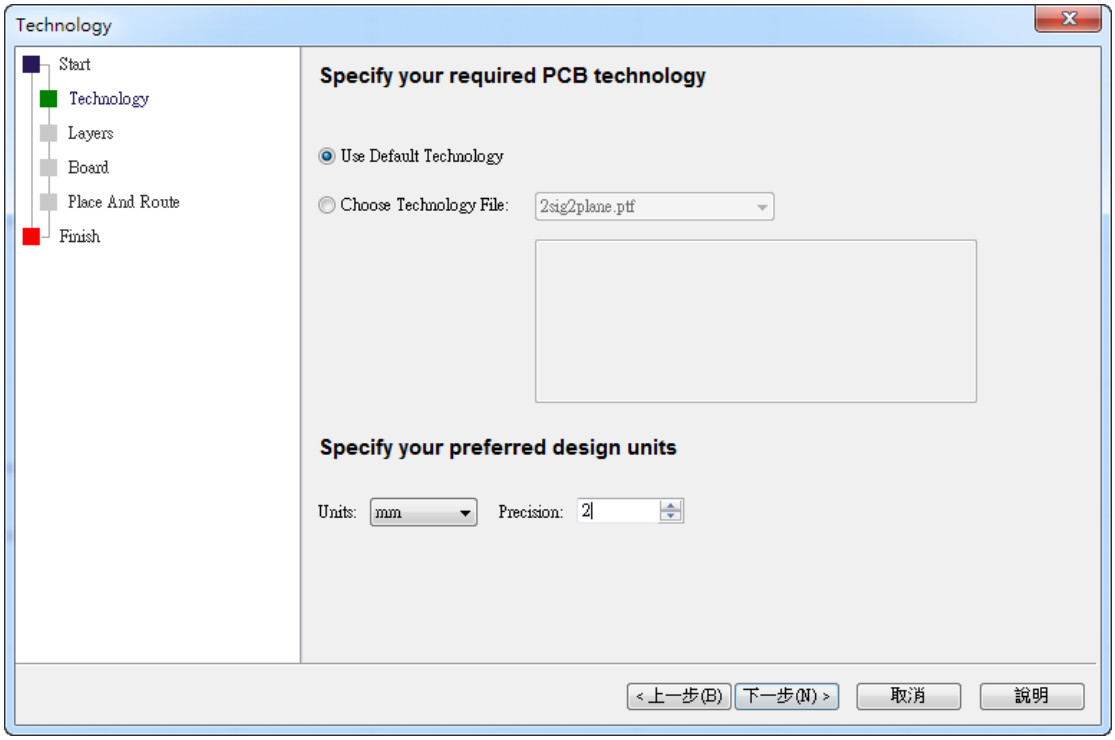


图 3-9 选择预设技术文件以及公制单位

选择完后就可以点选下一步进入**迭层**(Layers)设计，请选择 **2 层板**(2 Layer Board)，如图 3-10 所示。迭层的数目以及相关设定即使在 PCB 图产生之后都还可以修改。

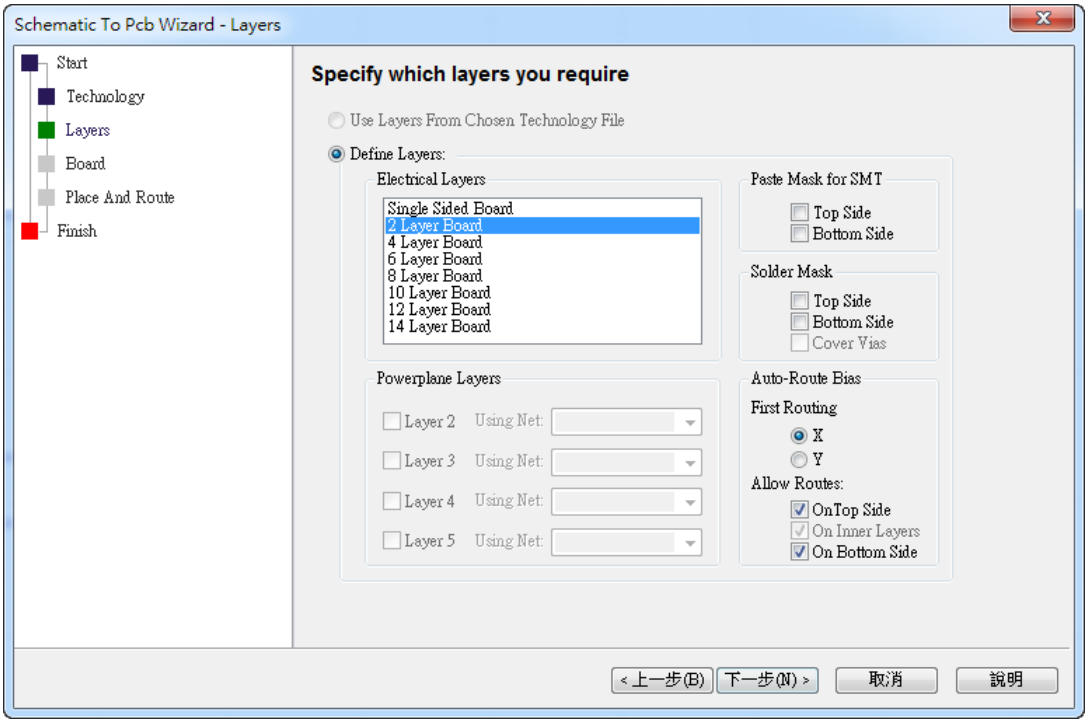


图 3-10 迭层设定

接下来要设定 PCB 的大小与形状，请将**宽度**(Width)设为 80mm，高度(Height)设为 60mm，并按**下一步**继续，如图 3-11 所示。

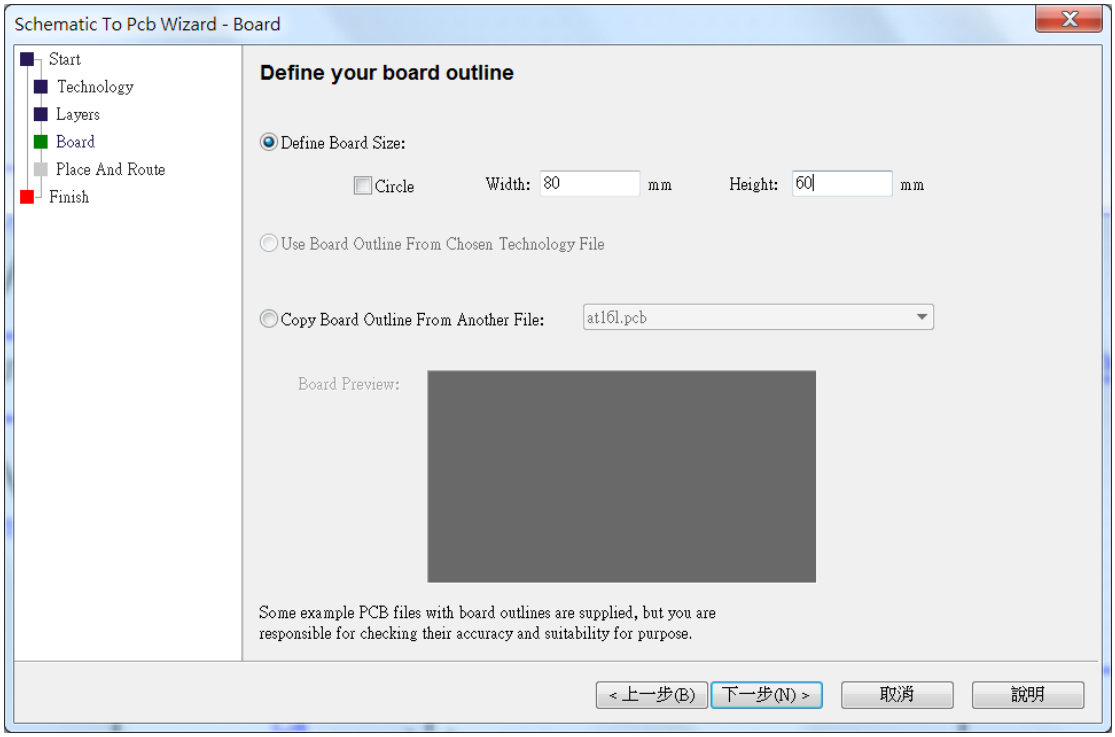


图 3-11 设定宽度与高度

设定完大小与形状后，接下来就进入到元件与线路配置设定区。在这里我们可以选择是否要让 DesignSpark PCB 自动放置元件与布线，由于在 PCB 设计图产生之后，您依然可以选择是否要自动配置元件以及自动布线，因此为了方便起见，在这里请先选择**自行配置**(Arrange Outside the Board)，如图 3-12 所示，并按**下一步**。我们会在稍后介绍如何让 DesignSpark PCB 自动放置元件。在布线方面，自动布线看起来很吸引人又方便，不过布线事实上是一门学问，还是亲自操作会比较好。

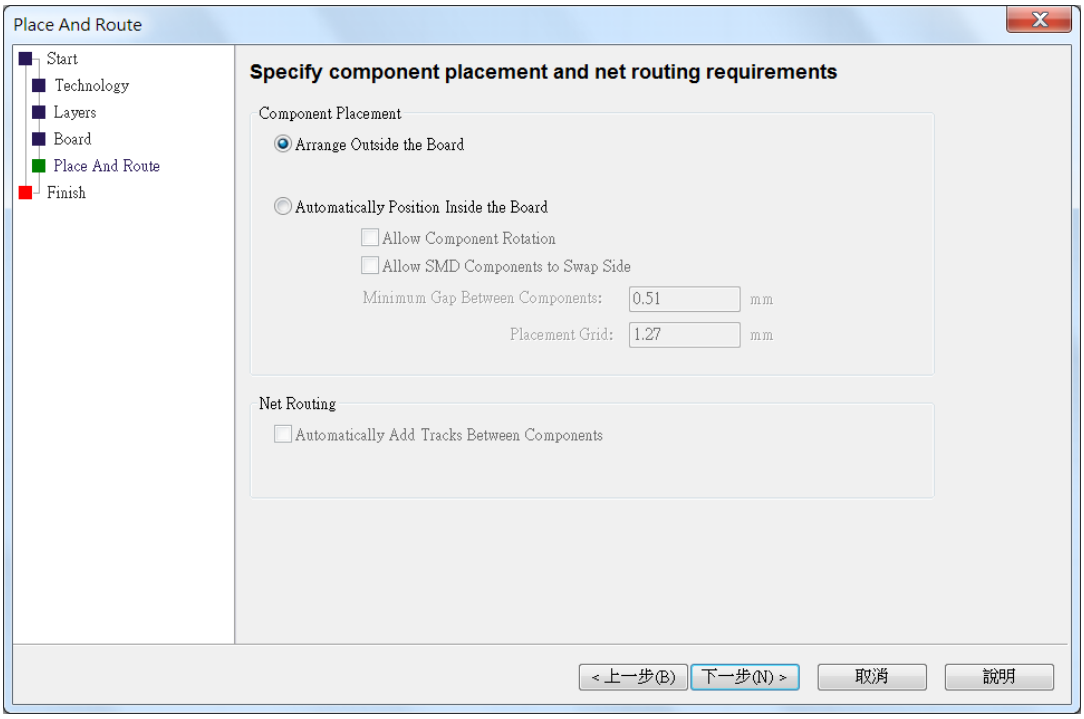


图 3-12 选择自行配置元件(arrange outside the board)

最后则是选择储存路径，选择好后按下完成，就会产生 PCB 设计图，如图 3-13 所示。在第二章中，我们有提到要启用数据库管理员里面所有的数据库，若是您没有启用的话，有些元件可能会找不到，所以在产生 PCB 之前请先确定您已启用了所有的数据库。

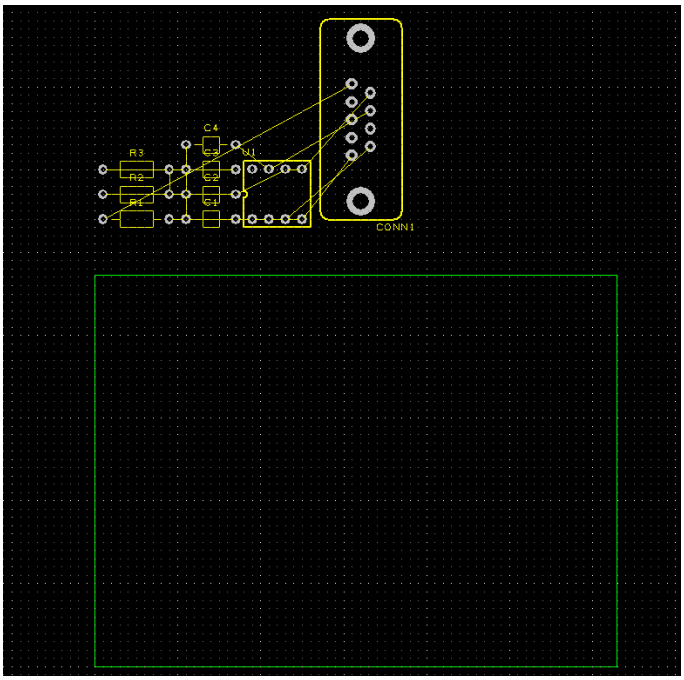


图 3-13 产生 PCB 图，请记得先至数据库管理员启用所有的数据库

产生 PCB 图后，您会发现焊点也一并产生了，可说是非常方便。若是您想要调整其他设定，可以点选画面上方选单中**设定**(Settings)里的**设计技术**(Design Technology)选项来进行修改，如图 3-14 所示。图中我们选择了迭层标签页以检视或修改迭层设定。

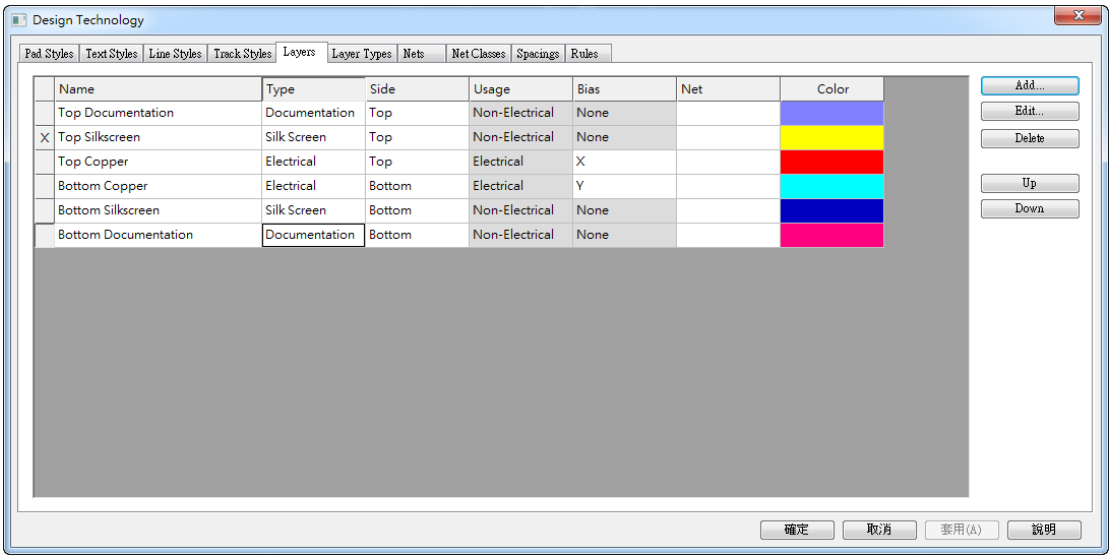


图 3-14 点选设定(Settings)里的设计技术(Design Technology)即可修改设计

在图中，您可以清楚地看到总共有几层以及代表它们的颜色，由于我们使用的为二层板，您可以看到**用途**(usage)标注为**电路**(Electrical)的有两层。

3-3 PCB 设计

成功将电路图转换为 PCB 图后，接下来要做的就是放置元件、布线以及覆铜。

3-3-1 放置元件

您可以用鼠标手动将元件拖到您想要的位置，也可以让 DesignSpark PCB 帮您自动配置。要自动配置元件，请选择画面上方选单中的**工具**(Tools)选项，并选择**自动放置元件**(Auto Place Components)中的配置**所有元件**(All Components)，如图 3-15 所示。在自动配置时，DesignSpark PCB 会计算最佳的排列方式，让元件间的线路保持为最短。

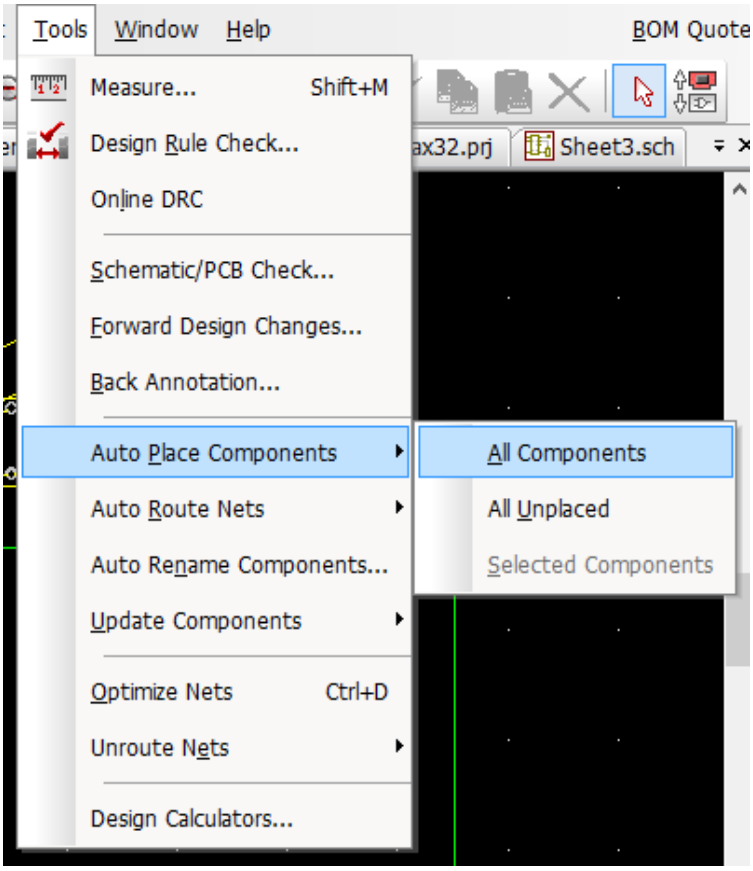


图 3-15 在工具(Tools)选项中选择自动配置元件(Auto Place Components)

接下来选择元件放置的条件，主要就是修改元件之间的**最小距离**(Minimum Space Allowed Between Components)。由于之前我们将板子大小设定成 80mm x 60mm，算是非常足够，所以元件间的距离可以设大一点，这里我们设为 6mm，如图 3-16 所示。

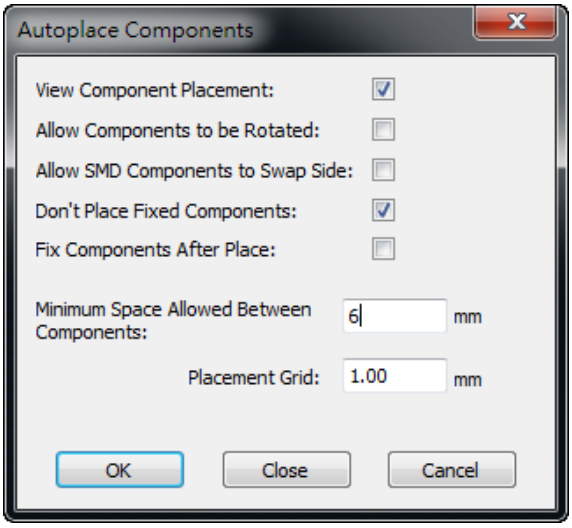


图 3-16 设定自动放置元件的规则

按 OK 后，DesignSpark PCB 就会开始计算并放置元件，如图 3-17 所示。

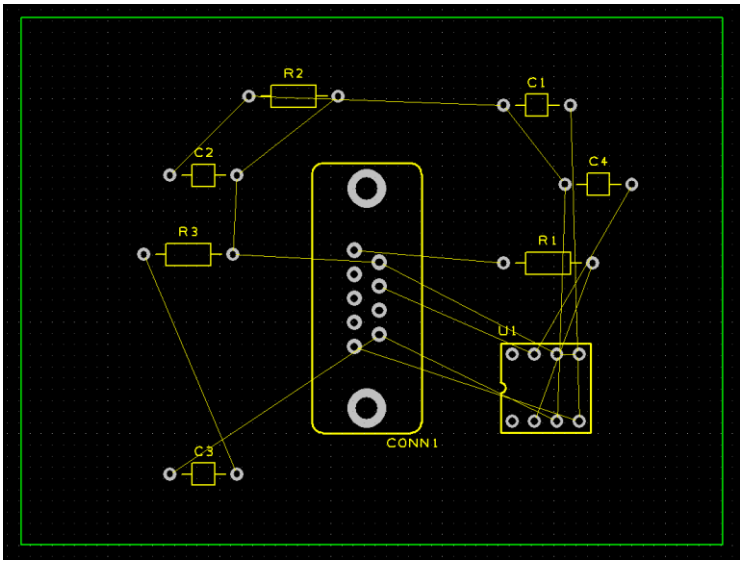


图 3-17 自动放置元件

若是您对元件自动放置的结果不满意，可以随时使用鼠标拖拉来作修正。其操作与电路图设计时雷同，您可以点选元件并按下快捷键<R>来将元件作逆时钟 90 度旋转、<Alt+R>做顺时钟旋转或按下<F>做镜面对称，对元件点选鼠标右键也可以做到以上的操作。同时您也可以直接拖拉绿色的边界来调整板子的大小。图 3-18 为手动调整过后的元件布置。

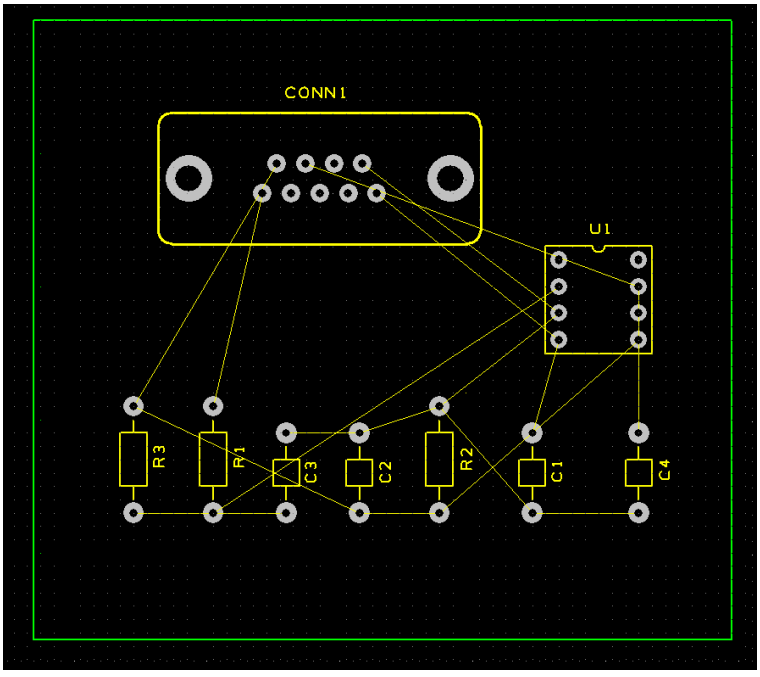


图 3-18 手动调整后的元件配置

3-3-2 布线

配置完元件后，接下来就是要布线。由于 DesignSpark PCB 提供了不错的自动布线功能，所以在介绍手动布线技巧之前，我们先来介绍如何使用自动布线。

要开始自动布线，请选择画面上方选单的**自动布线**(Auto Route Nets)，并选择**所有线路**(All Nets)，如图 3-19 所示。

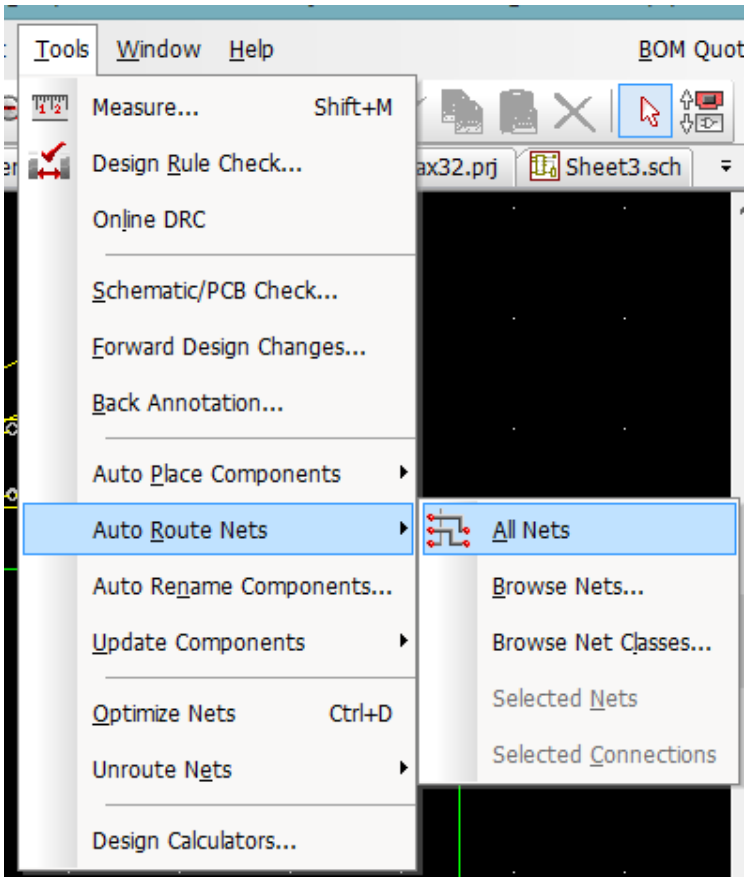


图 3-19 选择自动布线

接着就进入条件设定窗口，基本上各设定只要让 DesignSpark PCB 自行判断即可，所以预设在各个操作上都是**若需要即使用**(As Necessary)，另外可以勾选**去除直角转弯的走线**(Mitre Track)，如图 3-20 所示。导孔以及直角或是锐角的走线会让线路的阻抗发生变化，进而影响到讯号质量，因此需要尽量避免。如果线路一定要转 90 度，就请使用两个连续的 45 度转角，而导孔也是越少越好。

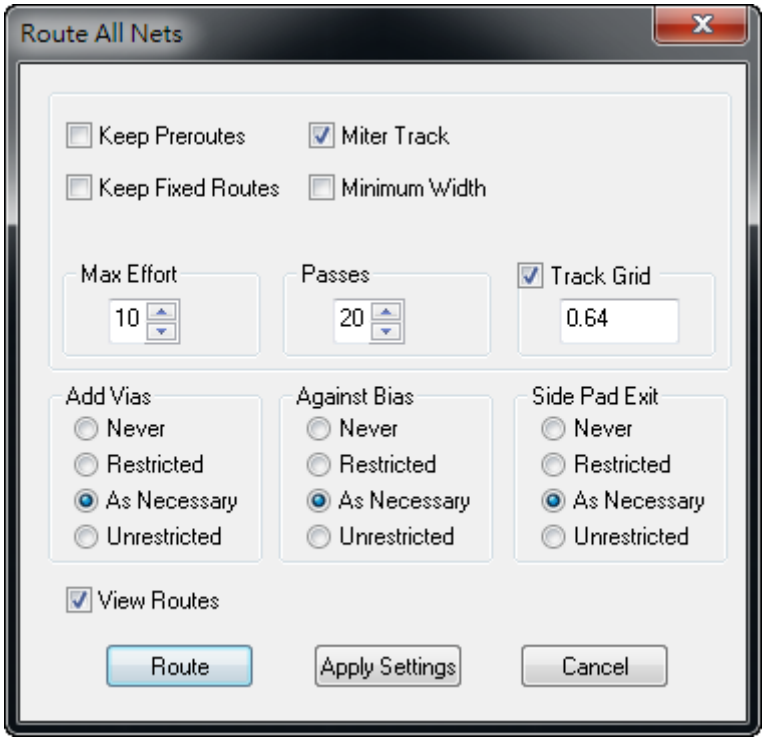


图 3-20 自动布线设定

接着按下**布线**(Route)就会开始布线，完成后会跳出结果窗口，包含连接成功率以及使用了多少导孔，如图 3-21 所示。

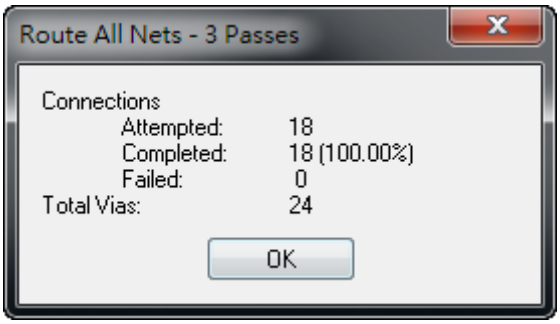


图 3-21 布线结果回报

图 3-22 即为自动布线的成果，不同颜色的走线代表不同的迭层。

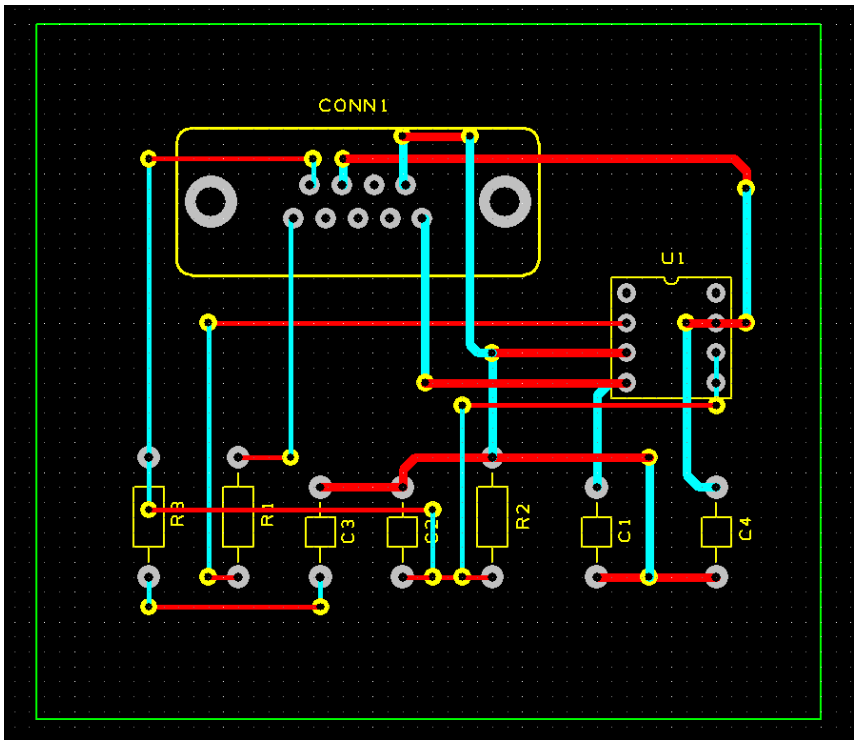


图 3-22 自动布线完成

由于本范例是使用二层板，所以您会看到两种不同颜色的线路，代表不同迭层，而不同层的走线在交会处会透过导孔来连接成同一点。在本范例中，红色为**上层**(Top Copper)，青色为**下层**(Bottom Copper)。

线路产生完后，您可以按<F9>或点选画面上方选单中的**检视**(View)叫出**互动工具栏**(Interaction Bar)。在互动工具栏下方点选**迭层**(Layers)，就会出现各层的选单，您可以透过打勾来决定各层要显示还是隐藏，如图 3-23 所示。

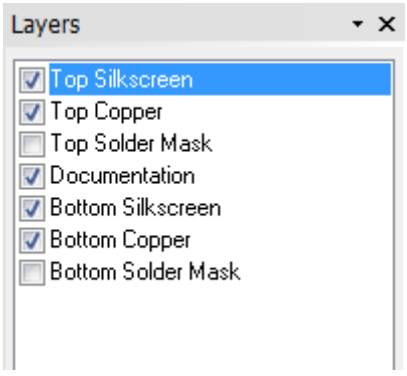


图 3-23 从互动工具栏可以检视各个迭层

从产生 PCB 设计图、放置元件到布线，DesignSpark PCB 都提供了非常直观且实用的功能，让您可以快速设计出自己的 PCB。然而，请仔细看图 3-22 中自动布线的结果，您会发现这不是很完美的走线，有许多不必要的导孔以及怪异的线路，这就是先前所说的，布线还是自行操作比较好。这并不是因为 DesignSpark PCB 的功能不够强大，而是因为布线本身就是一门学问，布线就像是下围棋，有数不清的变化，其算法至今日仍不断在演进。而多层板的自动布线算法尤其复杂，好的自动布线工具更是非常昂贵。因此，对于简单的电路，建议您可以先透过 DesignSpark PCB 的自动布线功能建立出一个大概的架构，再手动作修改。

在手动布线时，有一些地方需要注意。首先是线宽，线路的走线越宽，其可以负载的电流就越大，但是线路越宽占的空间也就越多。表 3-1 列出了线路宽度与电流的关系。

表 3-1 走线宽度与可负载之电流

线宽(mm)	电流(A)
0.2	0.5
0.3	0.75
0.5	1.25
1.25	2.5
2.5	4
5	7
8.12	10

通常电源线需要最大的线宽，DesignSpark PCB 在自动布线时有考虑到这件事(见图 3-22)，所以您可以看到电源线的宽度跟讯号线不同，若是您想要更改，用鼠标右键点选线路，选择**属性**(Properties) 后修改**宽度**(Width)即可，如图 3-24 所示。

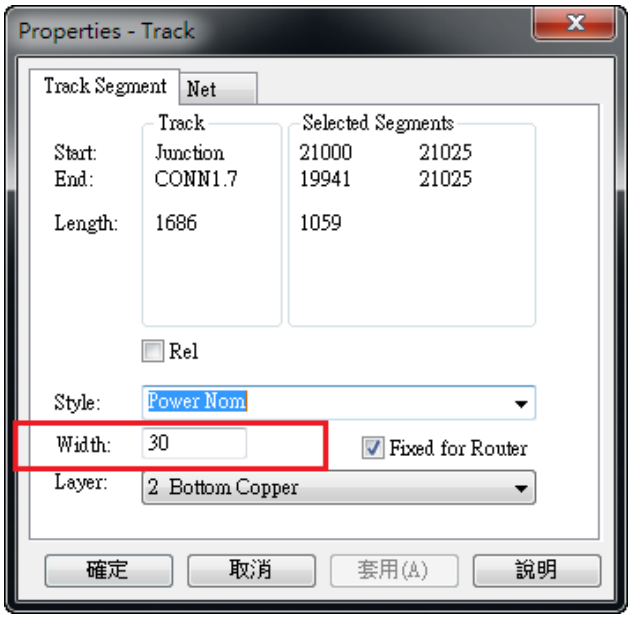


图 3-24 线宽修改

在放置焊点时，请确认其孔径足以放入您的**双列直插封装**(dual in-line package, DIP) 元件以及其他电子元件。您可以用鼠标右键点选焊点，选择**属性**以进行修改，除了孔径外，您也可以在**属性**窗口修改焊点的形状。通常一颗 IC 第一只脚位的焊点会做成正方形，另外您也可以修改穿孔的**镀铜外围**(copper surround)的直径，如图 3-25 所示。

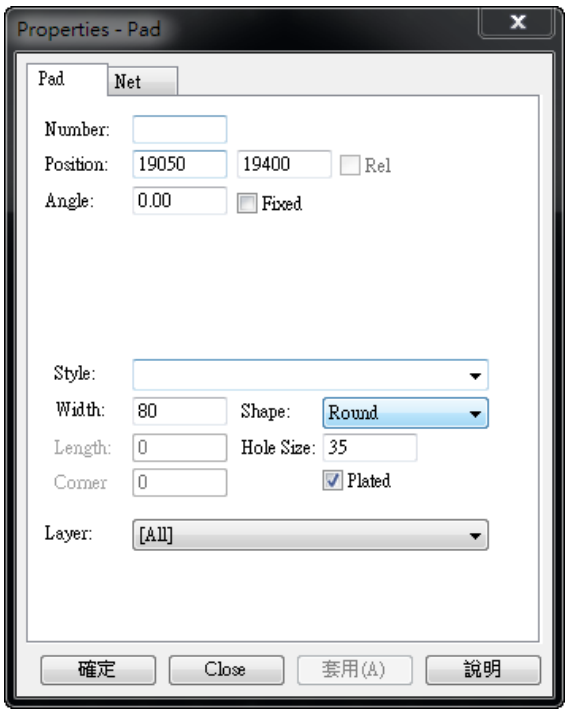


图 3-25 修改焊点的属性

在布线上，除了如前述要避免直角转弯外，另外还要注意是否布线过密。像是布线紧密度以及其他设计逻辑错误(例如焊点或走线重叠等)，DesignSpark PCB 提供了**实时规则检查** (Online Design Rule Check)，可以在出错时自动提醒设计者，这部份我们会在后面介绍。

若是您的系统具有**总线**(bus)像是**数据总线**(data bus)或是**地址总线**(address bus)等，在布线时请记得要尽量保持平行走线，如图 3-26 所示。频率讯号不适合使用平行走线，因为相邻的平行走线容易引起**串音**(crosstalk)噪声。然而，由于串音噪声只有在讯号改变时才会发生，而总线的讯号通常都会一起改变，且讯号的状态会一直保留到下一次变动为止，所以不会有串音噪声的问题。而保持平行走线则可以让讯号传播的距离较为一致，如此就可以减少讯号之间的**时间差**(skew)，这点在建置高速系统时尤为重要。

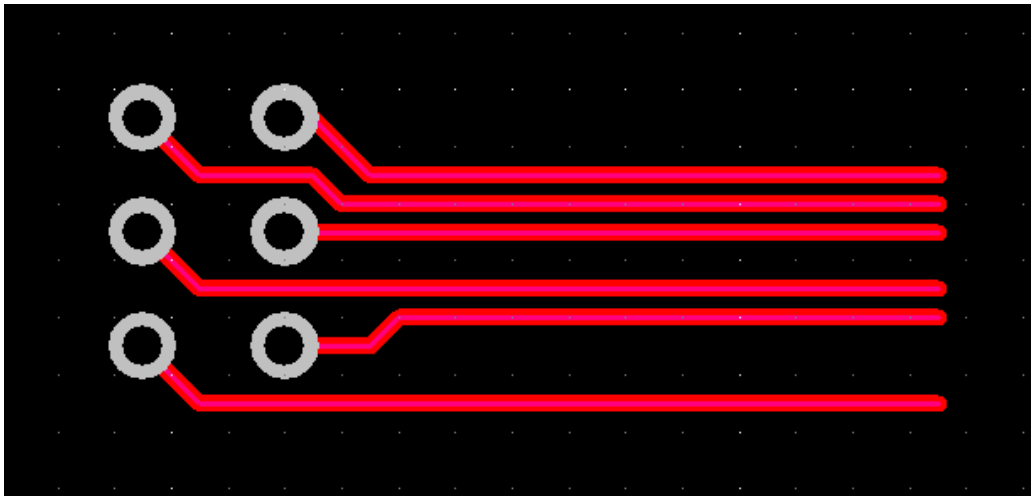


图 3-26 在为总线布线时应要让走线尽量保持平行

在了解前述提过的一些原则后，现在让我们来进行手动布线，以修正一些比较不合理的自动布线结果。您可以点选画面左侧 PCB 设计工具栏中的**新增线路**(Add Track)按钮 以进行手动布线。我们以图 3-22 左下角的走线为例说明。图 3-22 左下角的走线(如图 3-27 所示)其实并不需要用到两个贯孔，应该直接在同一层走线即可，所以请将这段走线删除并点选新增线路按钮。删除走线的方法是右键点选要删除走线后选择**走线网络**(Net)，再点选**取消布线**(Unroute net)。

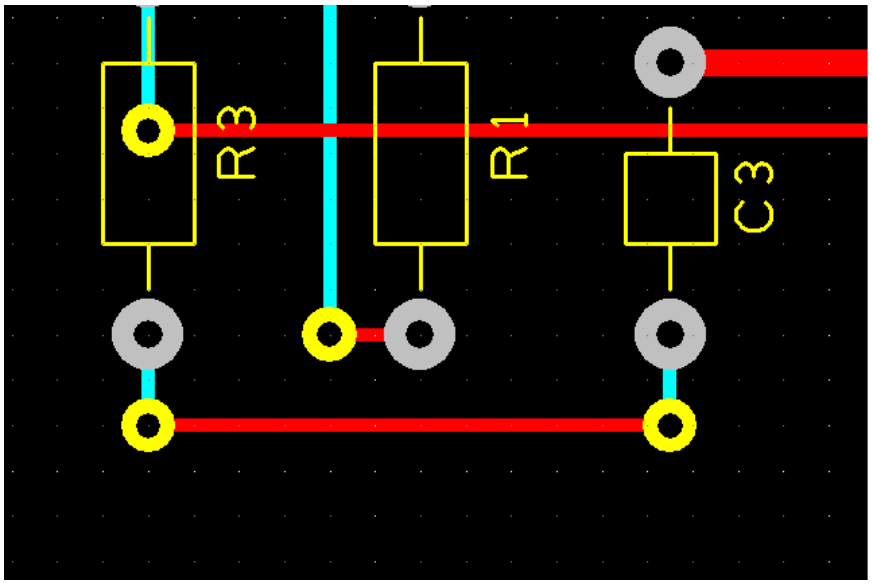


图 3-27 此段走线并不需要用到两个贯孔

布线的操作很简单直接，您只需要点选焊点到您想要的位置，请将新的走线连成图 3-28 的样子。

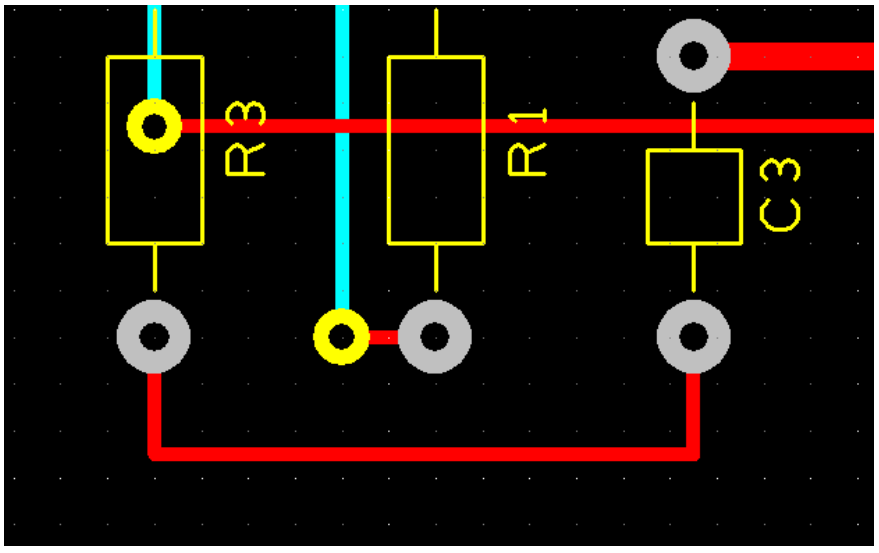


图 3-28 走线只需要在同一层即可

若是想要改变线路所在的叠层，用鼠标右键点选线路，并选择**改变叠层**(Change Layer)即可，如图 3-29 所示。

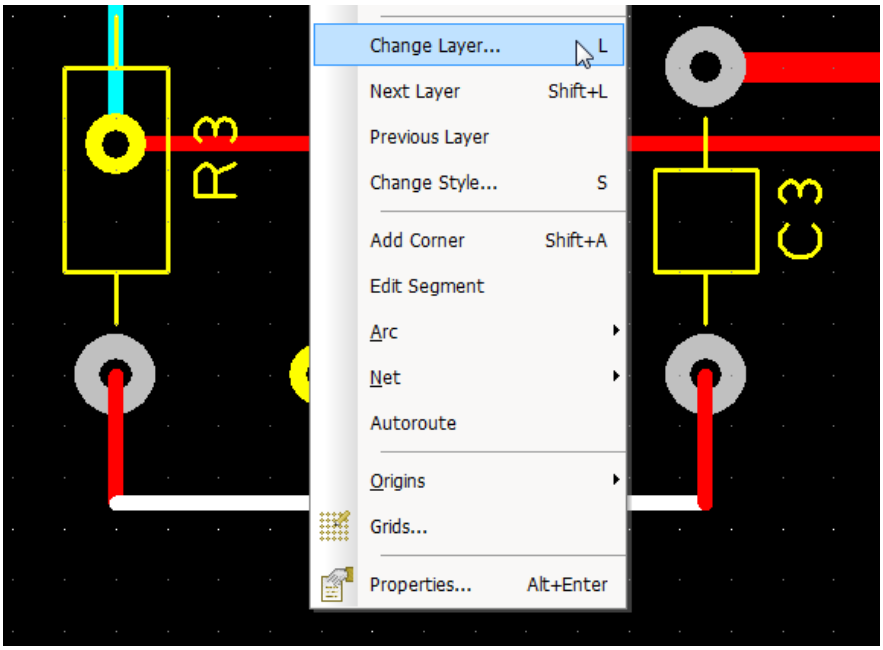


图 3-29 您可以随时改变线路所在的叠层

我们现在完成的走线有两个直角，请在直角处用鼠标左键点两下，就可以移动鼠标来修改角度，完成结果如图 3-30 所示。

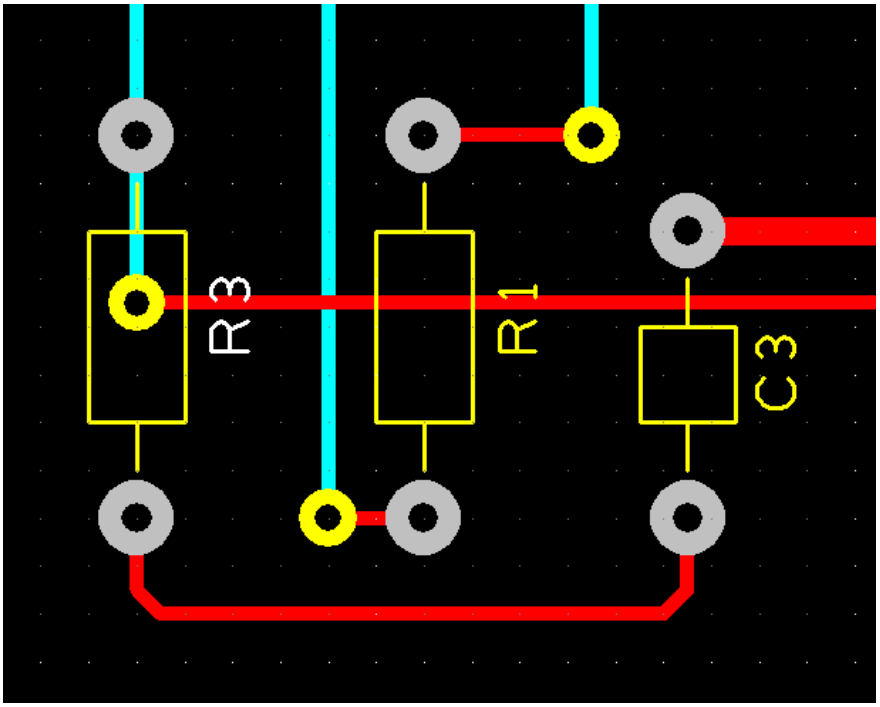


图 3-30 将直角走线改成两个 45 度角

如此便修改完成了，接下来请遵循我们先前介绍的原则进行修改。由于这是个简单的小电路，没有总线，也没有频率讯号等等，所以您只要删除不必要的贯孔，以及调整跟电源有关之线路线宽即可。要产生新的贯孔，您只需要将两条不同叠层的线路连在一起，DesignSpark PCB 就会自动产生贯孔。图 3-31 是一个经过手动布线后比较好的设计图。

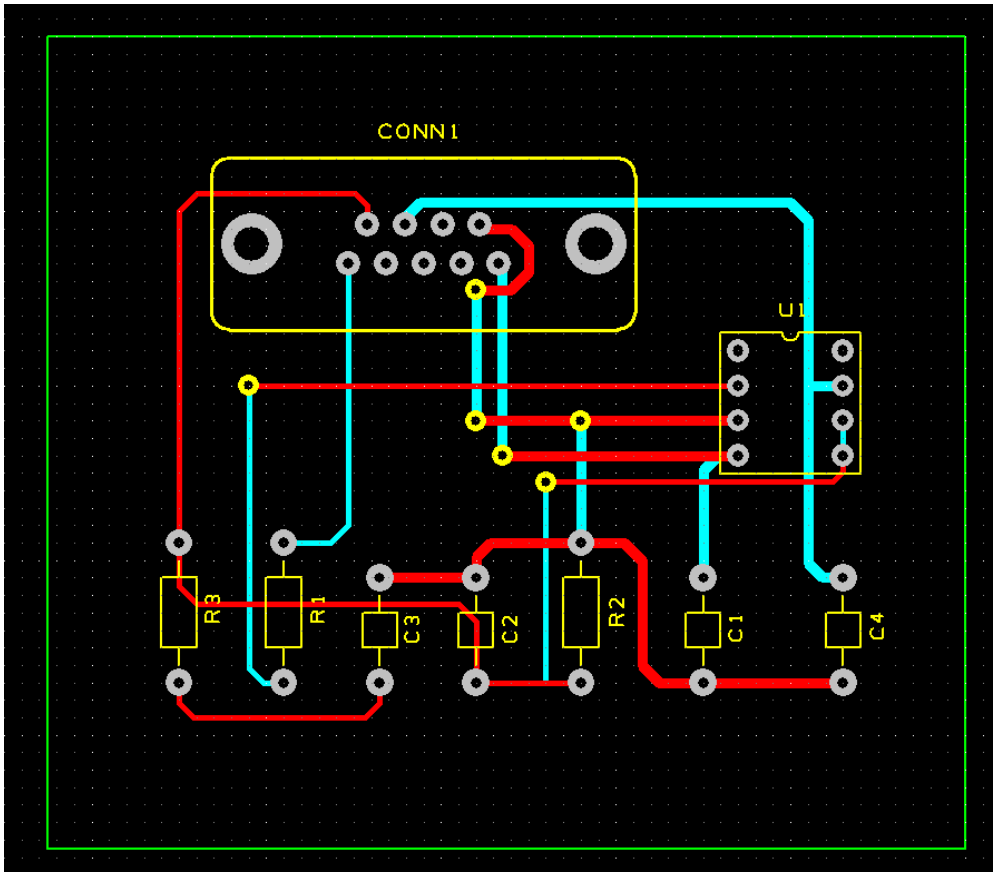


图 3-31 经过手动布线后的较佳设计图

在进行 PCB 设计时，您可以使用**交互探测**(Cross Probe)来对照电路图设计。这个功能让我们只要点选 PCB 设计图上的任何一个脚位，就能被带到电路图上的相对应脚位，反之亦然。

要使用交互探测，请点选画面上方选单中的**编辑**(Edit)，选择**交互探测**，或按快捷键<**Shift+X**>。开启交互探测后，点选 PCB 的一个位置，在电路图上就会被标示出来，如图 3-32 所示。

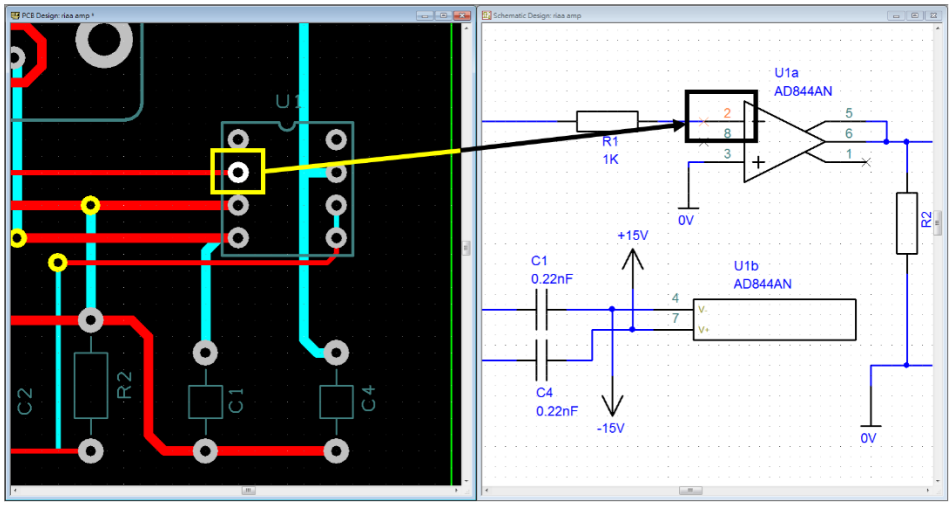


图 3-32 使用交互探测可以让我们在 PCB 与电路图上做对应

补充说明一下，如是您想要在 DesignSpark PCB 中将画面切割为如图 3-32 中左右各占一半的话，请点选画面上方选单中的窗口(Window)，并选择**垂直排列窗口**(Tile Vertically)。

完成设计后，您可以在 PCB 四个角落新增锁螺丝用的圆孔，您可以直接点选 PCB 设计工具栏上的新增焊点 来达成这个目的。一般常见的铜柱直径大概是 3mm，所以您可以新增直径 3.1mm 的焊点，另外也可以加上文字，只要点选文字工具 ，并在对话窗口中输入想要的文字即可，您可以选择文字要在哪一层，这里我们选择顶层丝印，并输入此电路的名称，RIAA 放大器(RIAA Amplifier)，如图 3-33。

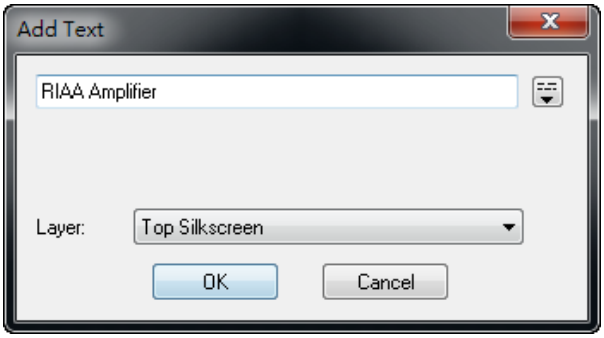


图 3-33 新增文字

新增锁孔以及文字后的完成图则如图 3- 34 所示，看起来是不是更专业了呢？

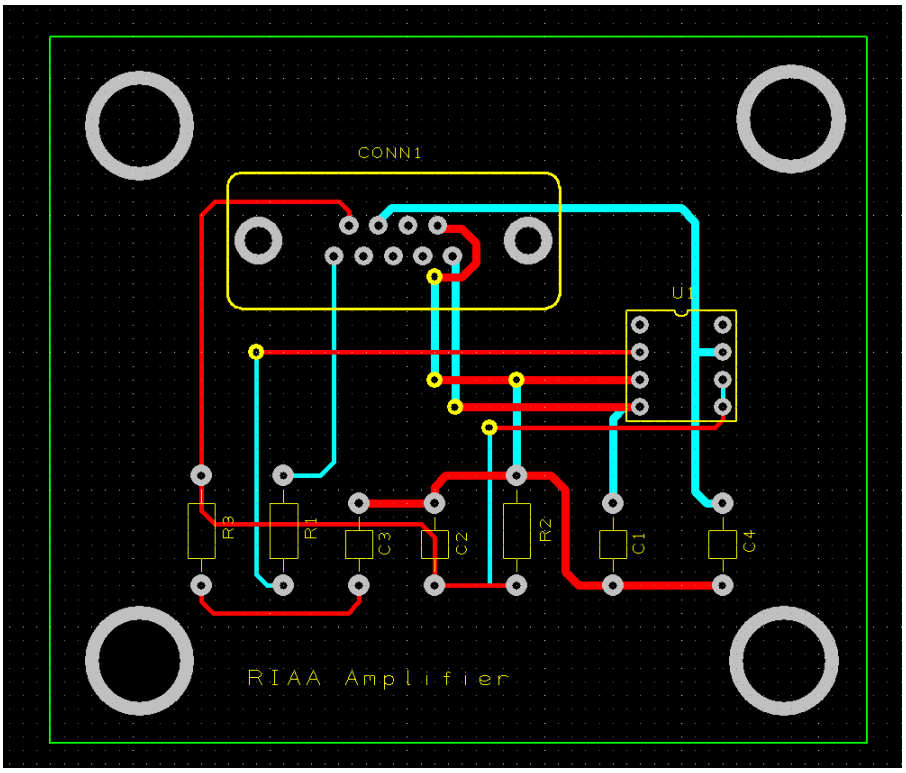


图 3-34 加入锁孔以及文字

3-3-3 覆铜

覆铜(copper pour) ，有时也叫做**灌铜** ，就是在原本走线以外的部分覆盖铜。在设计 PCB 时，我们可以指定要覆铜的区块，如此在蚀刻时，这些区块就会跟走线一起被保留下来。覆铜对于没有另外把接地与电源做成一层的 PCB 来说格外实用。透过覆铜，我们可以让接地的区块更大，如此可以为系统提供更好的屏蔽以避免噪声。在我们生活的环境中充满了各式各样的电子讯号，这些电子讯号一旦进入我们的系统就会变成噪声，覆铜让系统接地的部分变多，使得外部的噪声进入系统后容易直接被导入接地，这就是所谓的屏蔽。不只是外部讯号，覆铜也可以减少系统内部的讯号干扰。虽然说提供讯号屏蔽是覆铜最主要的功能，不过除了讯号屏蔽外，由于铜是良好的导电与导热材料，因此覆铜也有助于系统散热。另外，覆铜会使 PCB 在蚀刻时被洗掉的铜变少，所以可以节省蚀刻剂的成本。

当然，覆铜也是有缺点的，覆铜的结构与贴片型天线(patch antenna)相近，因此覆铜区会有类似天线的效果，进而产生噪声。另外，若是覆铜过厚，会造成导热过快，使得焊接不易。

从以上的说明可以得到一个结论，那就是覆铜对于系统有好有坏，有时候也并非必要，所以并不是每个 PCB 设计都一定要覆铜，主看您的需求与应用。

由于覆铜主要是要增加接地的区域，所以我们首先要先找出地线的位置，请点选互动工具栏下方的**移至**(GoTo)标签页，若是您还没开启互动工具栏，请按快捷键<F9>开启。开启后在下拉式选单中选择**走线网络**(Net)，就可以检视地线，也就是 0V 的走线有哪些，如图 3-35 所示。

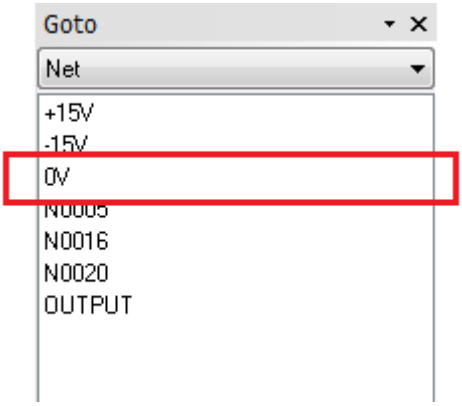


图 3-35 选择 0V 线路

用鼠标连点两下 0V，PCB 中 0V 的走线就会闪烁并被标记出来，如图 3-36。

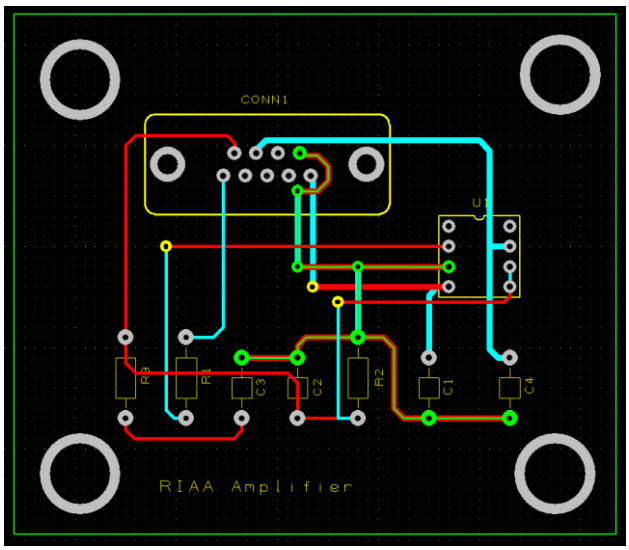


图 3-36 标记出地线

在覆铜之前，我们要先定义好需要覆铜的区域。请点选 PCB 设计工具栏中的**新增覆铜区域** ，并以鼠标操作绘制出如图 3-37 的区域，在定义时可以超出 PCB 设计的边界无妨，最后覆铜时 DesignSpark PCB 会自动调整。

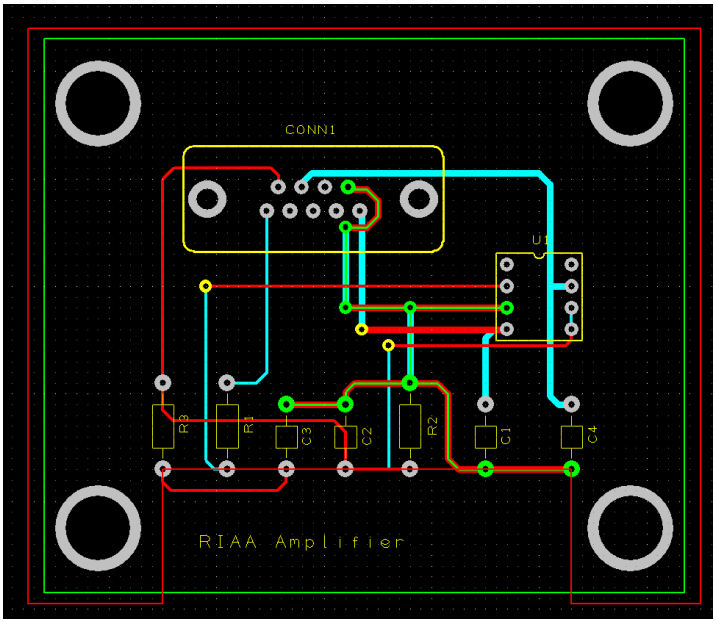


图 3-37 定义要覆铜的区域

绘制完成后，您会发现线段为红色，表示它是在上层，由于大部分的地线也都在上层，因此就不做变动。若是您想要改变覆铜的叠层，请用鼠标右键点选线段并选择**属性**(Properties)即可修改，如图 3-38 所示。

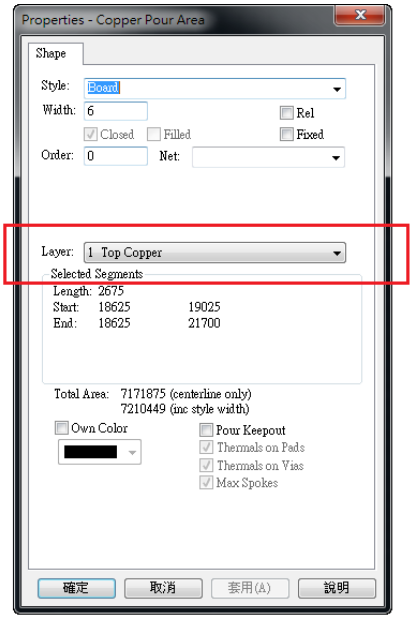


图 3-38 改变覆铜所在的叠层

在覆铜时 DesignSpark PCB 会保留一定间隙以避免与地线外的走线接触遵守间距原则。然而，对于螺丝锁孔而言，我们会希望间距可以更多，因此在覆铜前，请先将锁孔的直径再设大一点，等到覆铜完后再调整回来。

规划完覆铜区后，接下来规划要避免覆铜的区域。在这里我们以此 PCB 设计中的 9 脚位 D 型连接器为例来示范，一样在 PCB 设计工具栏选择新增覆铜区块，再把要避免覆铜的区域包起来，接下来用鼠标右键点选**属性**，勾选**避免覆铜**(Pour Keepout)，如图 3-39。

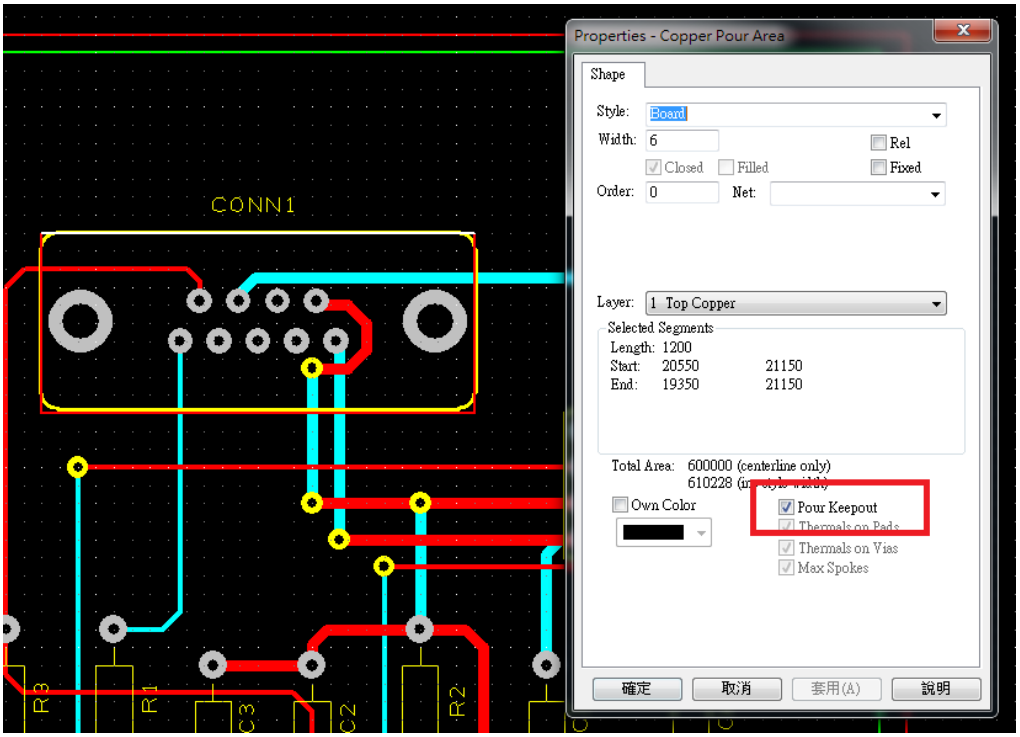


图 3-39 规划要避开覆铜的区块

都规划完后，就可点选 PCB 设计工具栏里的覆铜 ，至于要覆铜的线路，则选择地线 0V，如图 3-40。

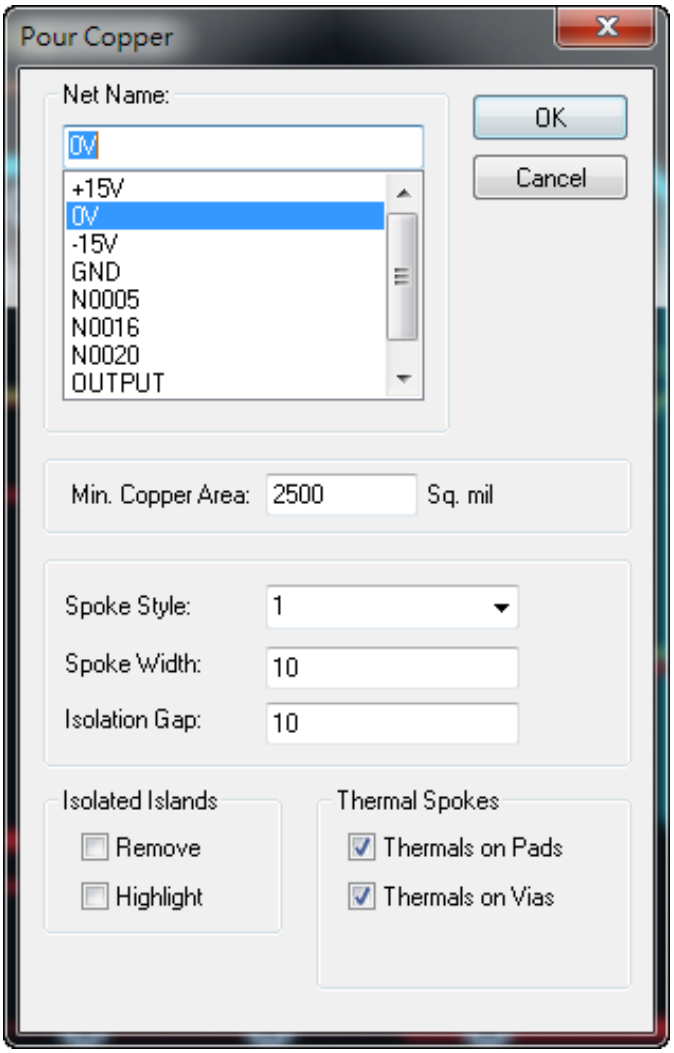


图 3-40 覆铜设定

覆铜后，请把刚刚加大的锁孔复原，如图 3-41。

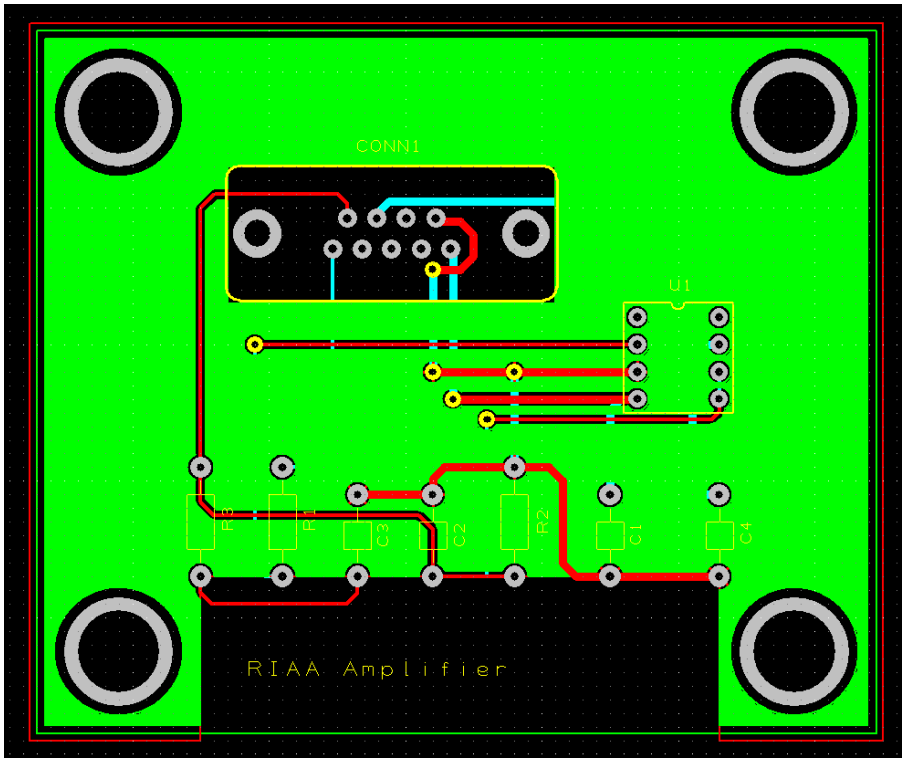


图 3-41 将锁孔的直径调整回原本的大小

覆铜后，您可以发现地线跟覆铜区合而为一，而其他走线则是有保持间隙，如图 3-42 所示。

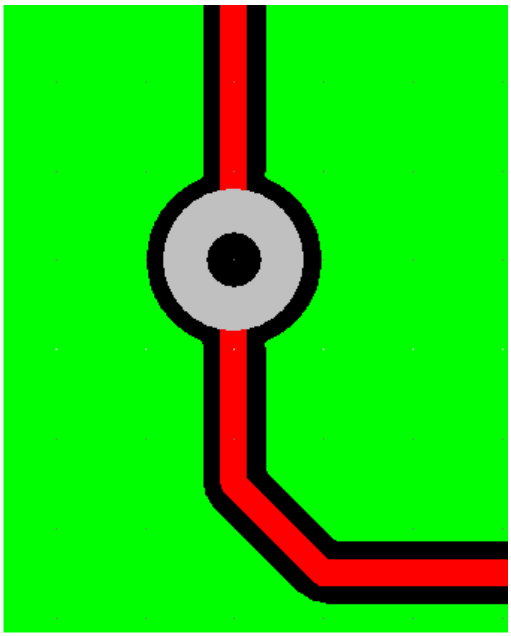


图 3-42 覆铜区会与走线保持间隙

3-4 除错

DesignSpark PCB 提供了规则检查让我们可以避免设计上的逻辑错误。有些功能其实是默认的，而您已经在使用它们了，现在让我们来介绍这几个在 PCB 设计时不可或缺的小帮手。

3-4-1 设计规则检查

您可以点选 PCB 设计工具栏的**设计规则检查** 来进行除错。在点选**设计规则检查**后会跳出一个窗口，如图 3-43，您只要选择您想要检查的规则即可。

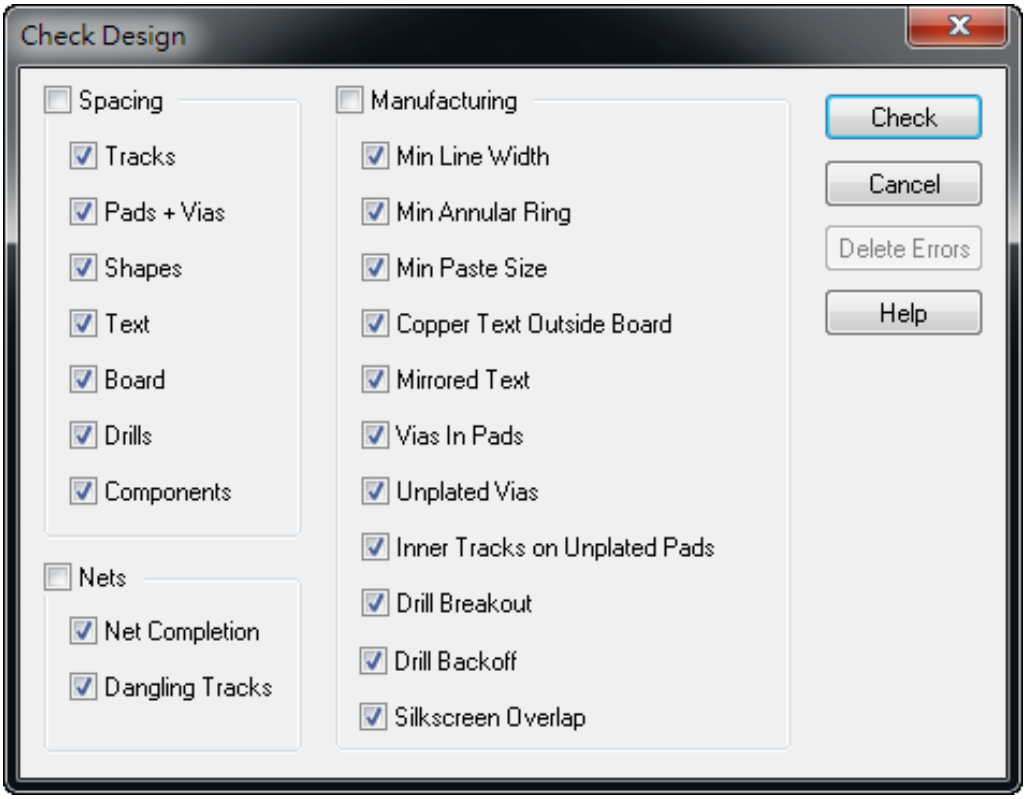


图 3-43 设计规则检查

选择完要检查的规则后，按下**检查**(check)，DesignSpark PCB 就会产生一个检查结果报表，以记事本呈现，如图 3-44。

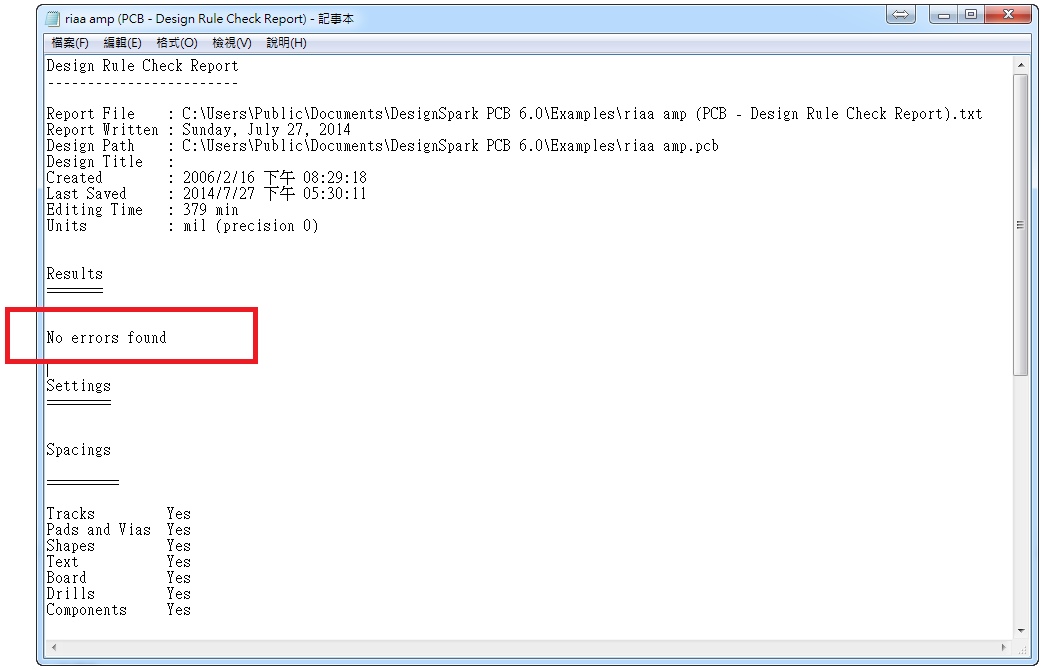


图 3-44 设计规则检查的结果会以报表方式呈现

在图 3-44 中，您可以看到检查的结果为「**未发现错误**(No errors found)」。另外，您也可以选择互动工具栏的移至标签页，选择**显示错误**，就可以将除错的结果显示出来，如图 3-45，因为我们没有检查出错误，所以这个区块是空白的。

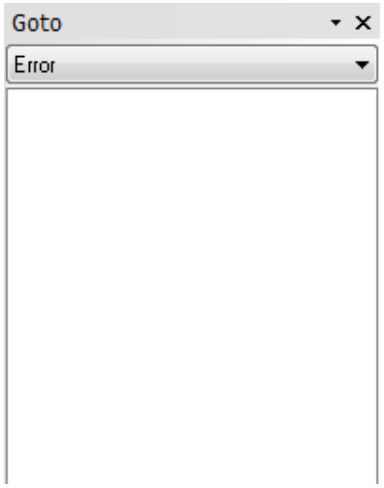


图 3-45 可至互动工具栏检视除错结果

3-4-2 实时设计规则检查

实时设计规则检查(Online Design Rule Check)可以在发生任何设计错误时提出警告。在 DesignSpark PCB 中的预先设定中，**实时设计规则检查**就是开启的，您可以点选画面上方选单中的**工具**(Tools)，并选择是否要开启或关闭**实时设计规则检查**，如图 3-46。

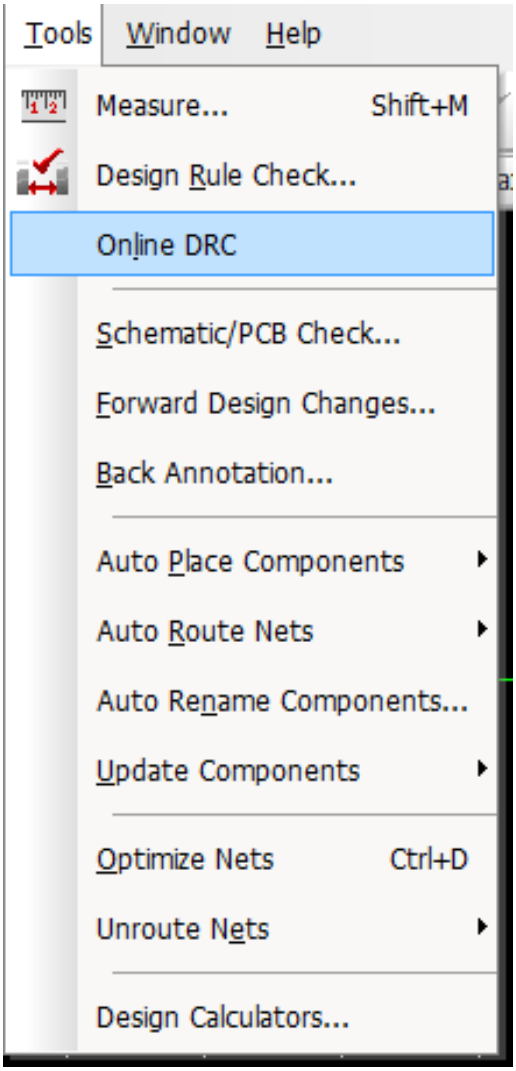


图 3-46 选择是否要开启实时设计规则检查

若是您有开启**实时设计规则检查**，每当发生一些不合逻辑的错误时，DesignSpark 就会跳出提示窗口，如图 3-47。我们故意将两个焊点重叠，就跳出了警告窗口。

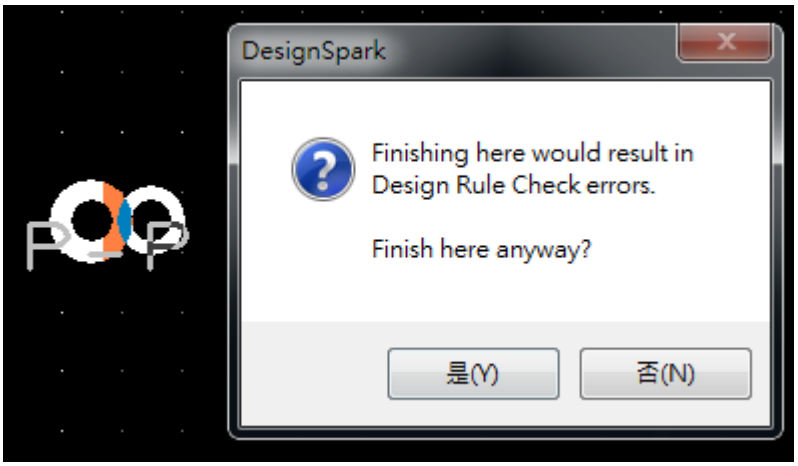


图 3-47 实时规则检查会在错误发生时提醒您

3-4-3 3D 实体仿真

DesignSpark PCB 提供了电路的 3D 仿真功能，除了可以导出到 **3D 计算机辅助设计** (Computer-aided design, CAD) 软件做设计外，还能协助除错。在 3D 仿真图中，我们可以观察元件之间的距离是否过近，走线是否合适等等。要产生 3D 仿真图，只需要点选画面上方工具栏中的 **3D**，并选择 **3D 视图**(3D View)即可，如图 3-48 所示。

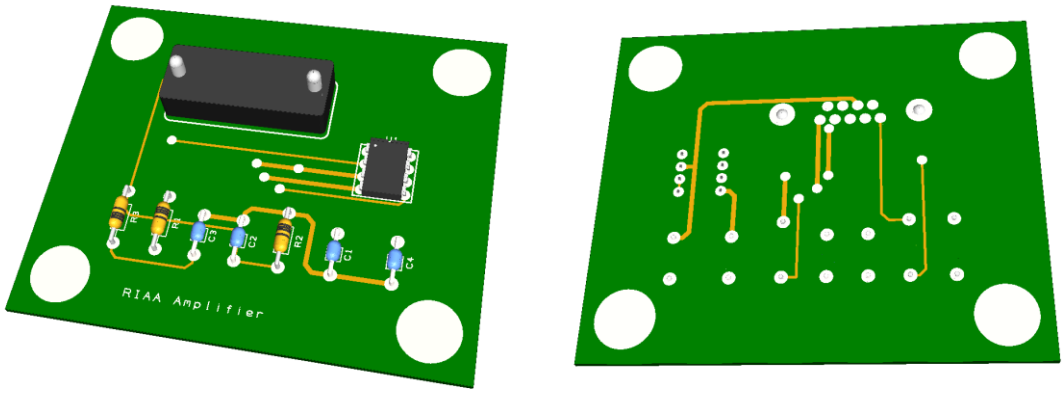


图 3-48 产生 3D 视图(正面与背面)

在操作上，转动鼠标滚轮可以放大与缩小设计图；按着鼠标左键不放并移动鼠标可以改变视角，而点选鼠标右键并选择**设定**(Settings)则可以进入设定选单。设定选单有三个标签页：**叠层**、**颜色**以及**设定**，图 3-49 即为叠层标签页。

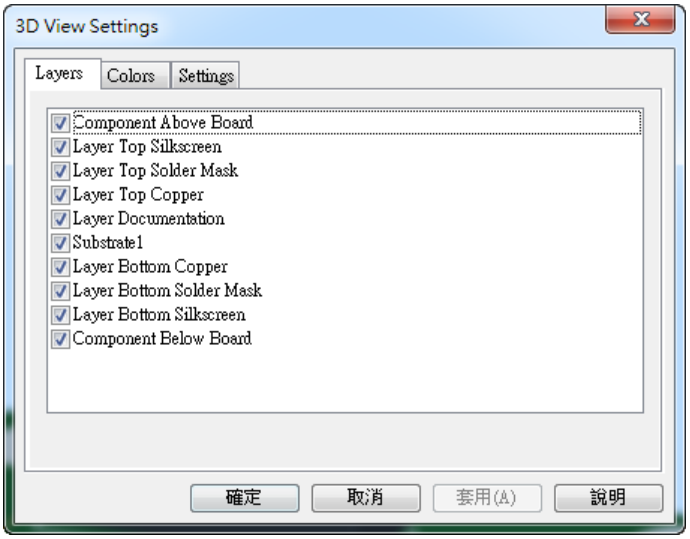


图 3-49 3D 视图的叠层显示设置

在叠层标签页，您可以选择哪些叠层要显示，若是您想仔细观察线路并除错，您可以将「**PCB 上的元件**(Component Above Board)」取消勾选，如此就可以呈现仅有线路的 3D 视图，如图 3-50。

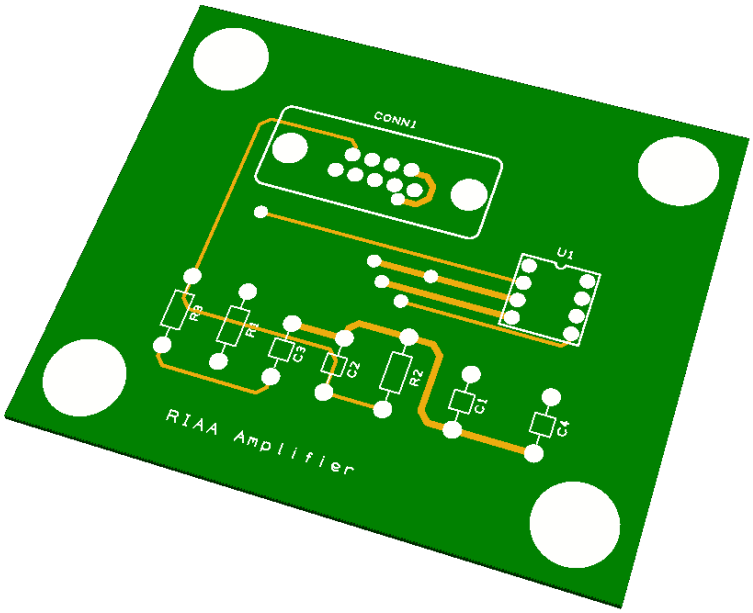


图 3-50 去除 PCB 上的元件让我们可以仔细观察走线

另外，在颜色标签页则是可以让我们重设各物件的颜色，不过通常不必修改。而在设定标签页，则可以调整像是单位、打印背景、PCB 厚度等等的设定。

3-5 输出与汇入 3D 设计

接下来说明如何将 PCB 的 3D 图文件与 CAD 软件作配合。举例来说，如果想要帮这片 PCB 设计一个外壳，就可以把 PCB 板设计的 3D 仿真图输出到 CAD 软件。而若是您已经有一个现成的外壳以及它的设计图档，也可以把它的尺寸汇入到 DesignSpark PCB 里面，如此当决定 PCB 的尺寸、螺丝孔的位置以及孔径时，就可以直接配合，可说是相当方便。

3-5-1 输出 IDF 格式至 CAD 软件

在输出 3D 图文件前，我们要先定义一下 PCB 上最高元件的高度。在 DesignSpark PCB 里面所有元件的 2D 尺寸都有清楚定义，然而它们的高度都为 0，所以如果您直接输出 3D 图文件的话，就会缺少各元件的高度。不过由于 IC 元件及大部分的电子元件都没甚么高度，所以若是没有特殊需求一般在输出 3D 图文件时都可以忽略高度，然而若是您的板子上有继电器或是其他较大的元件，就需要指定高度。我们再度以 PCB 设计上的 9 脚位 D 型连接器来做示范。请从 RS Components 的官网上查到此零件的高度为 12.5mm，如图 3-51 所示。

图 3-51 至 RS Component 官网搜寻组件尺寸(图片取自 http://uk.rs-online.com/)

找到尺寸后，接下来就回到 PCB 设计图里，用鼠标右键点选要修改的元件，选择「**至数据库编辑元件**(Edit Component In Library)」，就会开启一个新窗口，请在窗口左侧找到**属性**按钮，并点选进入编辑，选择**数值**(Values)标签页，将高度(Height)改成 12.5mm，如图 3-52 所示。

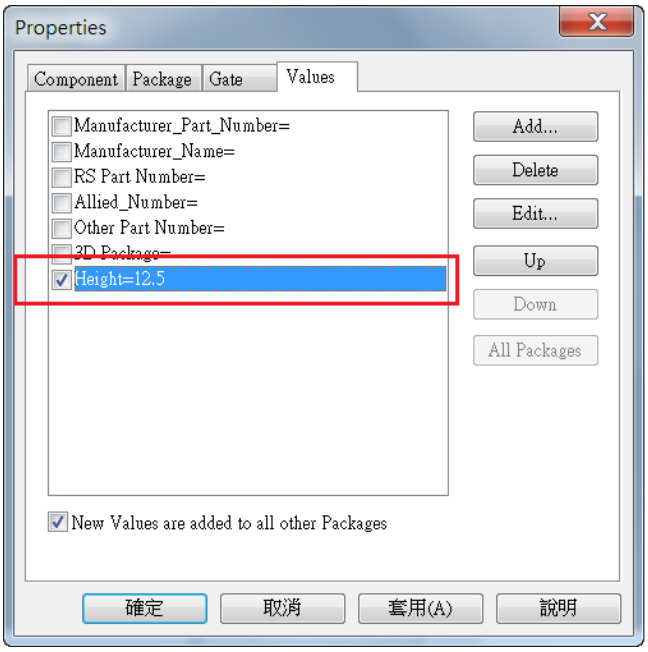


图 3-52 指定元件高度

指定好元件高度后，请记得将此元件定义文件存盘，并回到 PCB 设计图，用鼠标右键点选元件，选择**更新元件**(Update Component)，最后请确认用鼠标右键点选元件选择**数值**(Values)时，可以看到高度已经有定义，如图 3-53。

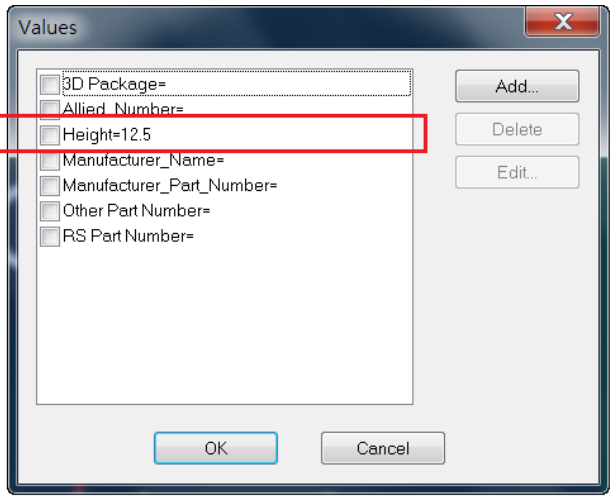


图 3-53 确认高度有修改到

接下来就可以输出 3D 文件，您可以选择输出为 DesignSpark Mechanical 兼容的 IDF 档，或是一般通用的 IDF。这里我们以 DesignSpark Mechanical 为例，请在画面上方工具栏选择**输出**(Output)里的输出为 **DesignSpark (IDF)**，接着就会看到输出设定窗口，如图 3-54。

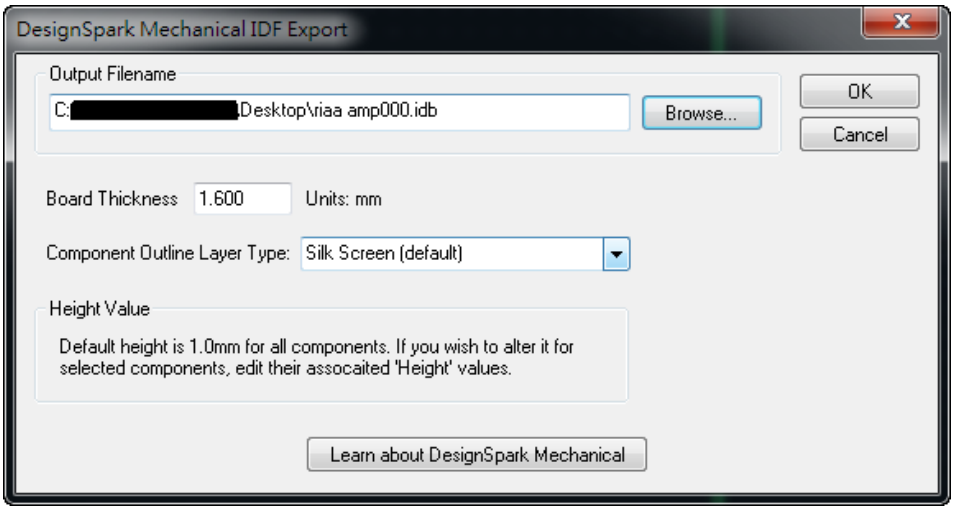


图 3-54 输出为 IDF 档

在图 3-54 中，**导出文件名**(Output Filename)是用来定义 PCB 的档案，请选择您想要储存的路径。另外在 **PCB 板厚度**(Board Thickness) 中设定好您想要的厚度，这里设为 1.6mm，按下**确定**后会产生两个文件，一个扩展名为 .idb，另一个则是 .idl ，其中 IDB 档储存的为设计图，IDL 则是储存了各元件的信息。请以 DesignSpark Mechanical 开启 IDB 檔，如图 3-55 所示。DesignSpark Mechanical 会自动产生一个文件夹储存各元件。

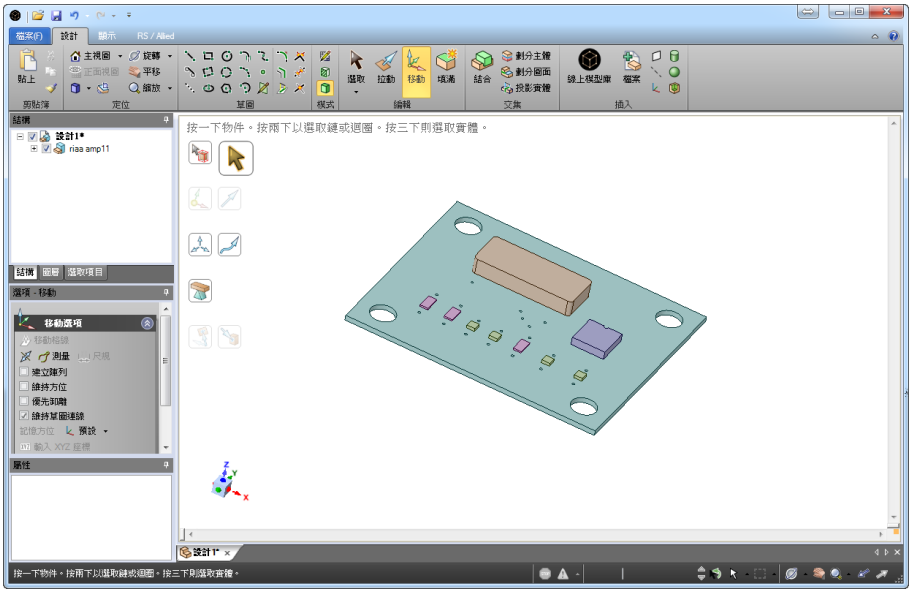


图 3-55 将 PCB 的 3D 图档输入 DesignSpark Mechanical

3-5-2 汇入 DXF 格式设计

除了可以汇出 3D 设计图外，DesignSpark PCB 也允许您汇入设计图以供参考。我们以 RS Components 提供的外壳为例来做说明，在 RS Components 的网站上可以下载大部分产品的 3D 设计图(须先加入免费会员)，请搜寻 RS 产品号码 7739461，您会找到一个塑料壳，产品名称为 BOCUBE IP67 enclosure，如图 3-56 所示。

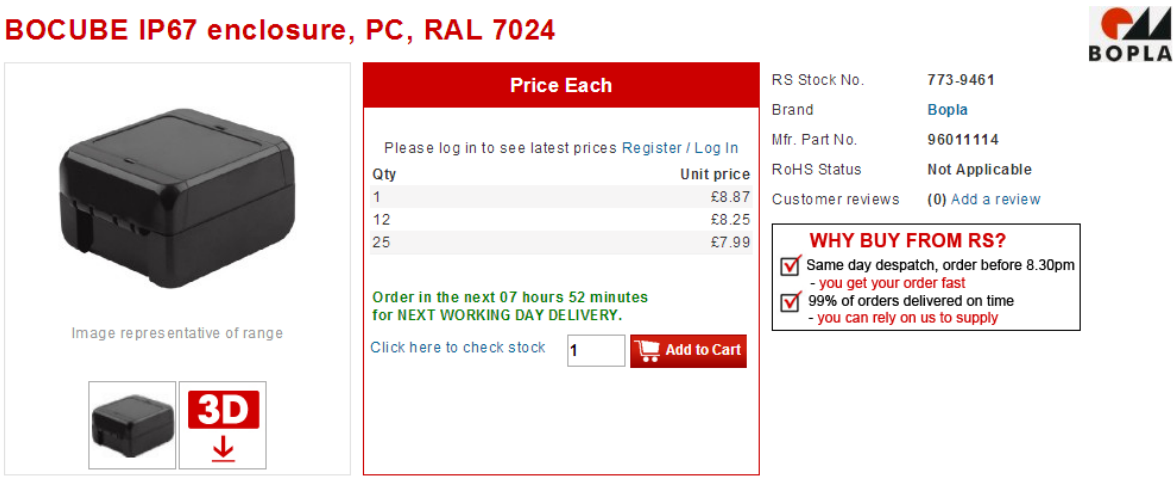


图 3-56 搜寻产品 7739461

接着就可以下载图档，请下载为 AutoCAD DXF 格式。您可以先用 DesignSpark Mechanical 来预览图档，如图 3-57。

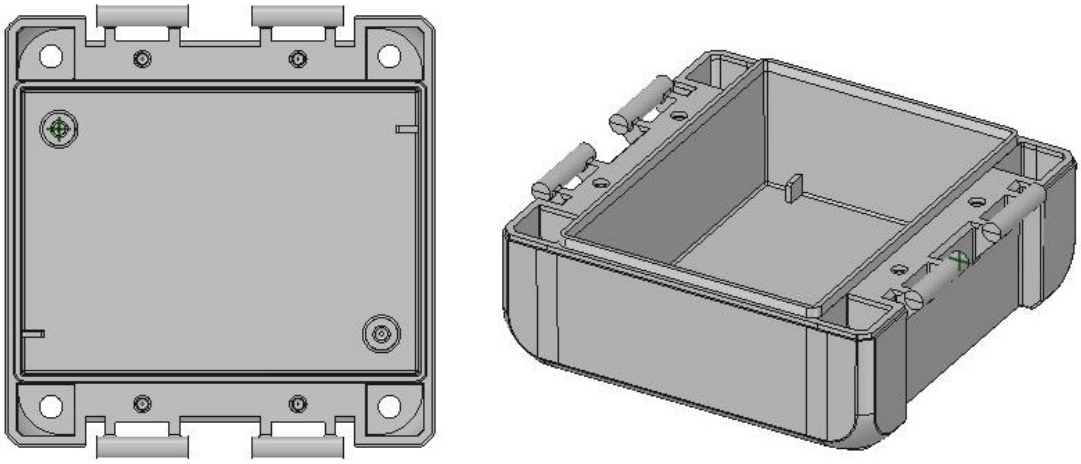


图 3-57 下载 DXF 格式之 3D 图档

确认图档没问题后，请进到 PCB 设计的窗口，点选画面上方工具栏的**档案**(Files)，并选择**汇入**(Import...)，选择您刚刚下载的文件，此时 DesignSpark 会跳出汇入 DXF 文件的窗口，如图 3-58。

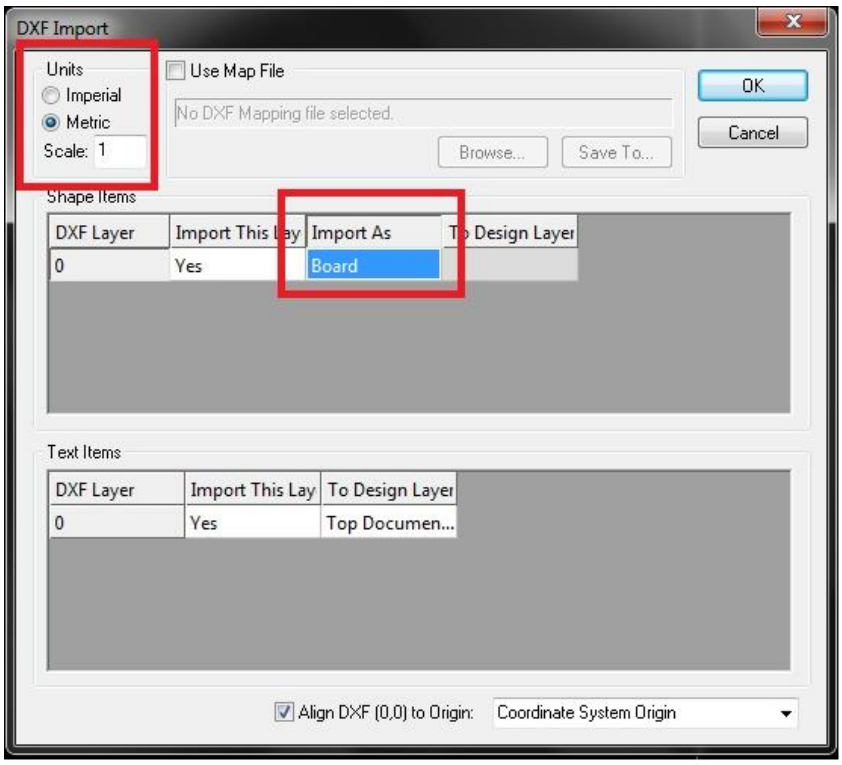


图 3-58 汇入 DXF 檔

在设定上，请记得将单位选择为**公制**(Metric)，在输入类别上，请选择**板面**(Board)，选择完后按下确定，设计图就会出现在窗口中，如图 3-59。

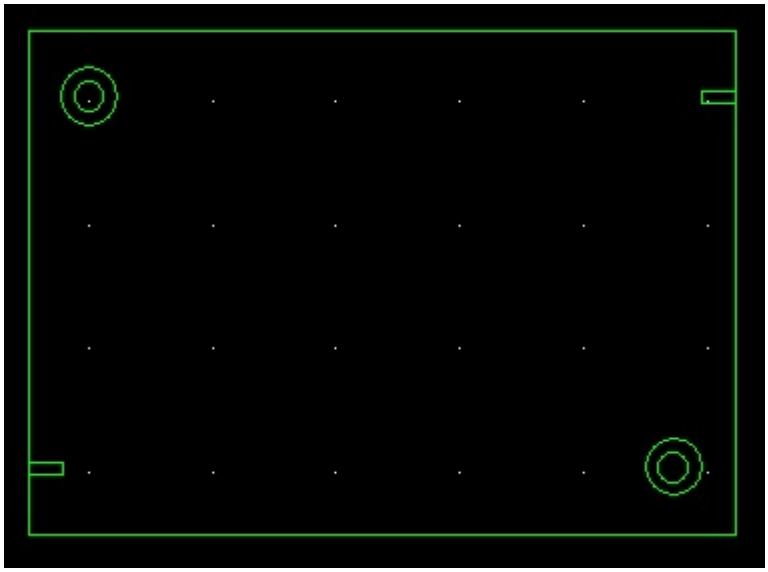


图 3-59 检视设计图

接下来您就可以对照输入的尺寸进行设计了。以图 3-59 为例，您可以依照该输入设计图的尺寸设计 PCB 的大小以及钻孔位置，结果如图 3-60 所示。

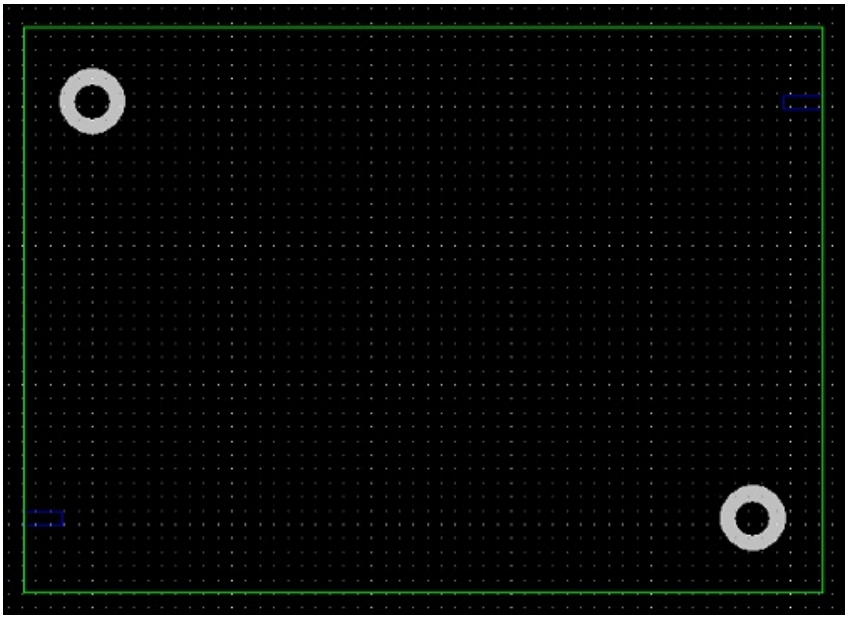


图 3-60 依照汇入设计图的尺寸设计 PCB 的大小与钻孔位置

3-6 总结

本章从 PCB 的基本组成开始介绍，说明了 PCB 的材料、结构以及特性，接着才进入 PCB 设计。透过 DesignSpark PCB 提供的各种功能，我们可以轻易地将电路设计图转换为 PCB 设计图，并快速进行布线与除错。另外，我们也可以汇出或输入图文件以与 CAD 软件互相配合进行设计。掌握本章的重点后，您就有能力自行设计 PCB 了！在下一章，我们将介绍如何透过 DesignSpark PCB 将设计送件、估价以及制造。

第四章

电路板制作

4-1 制造设计图

完成 PCB 设计后，我们可以进一步使用 DesignSpark PCB 协助我们把这片 PCB 制造出来。首先介绍如何产生**制造设计图**(Manufacturing Plots)，制造设计图是我们要交给厂商的最终设计图，厂商会依据制造设计图来制作电路板。DesignSpark PCB 支持生成 Gerber 以及 Excellon NC drill 文件，其中 Gerber 档是用来描述 PCB 各叠层的标准格式，包含丝印层、线路层与防焊层等等，有 Gerber 档才能制作 PCB 底片，而 Excellon 档则是用于 CNC 机台以进行钻板，所以在送交给厂商时，必须两种档案都要有。

要建立制造设计图时，请点选画面上方工具栏中**输出**(Output)里的**制造设计图**(Manufacturing Plots)，如图 4-1 所示。

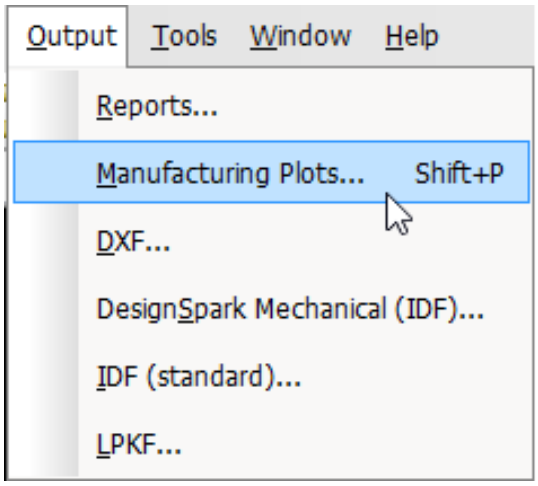


图 4-1 产生制造设计图

接着就会跳出设计图产生窗口，如图 4-2。

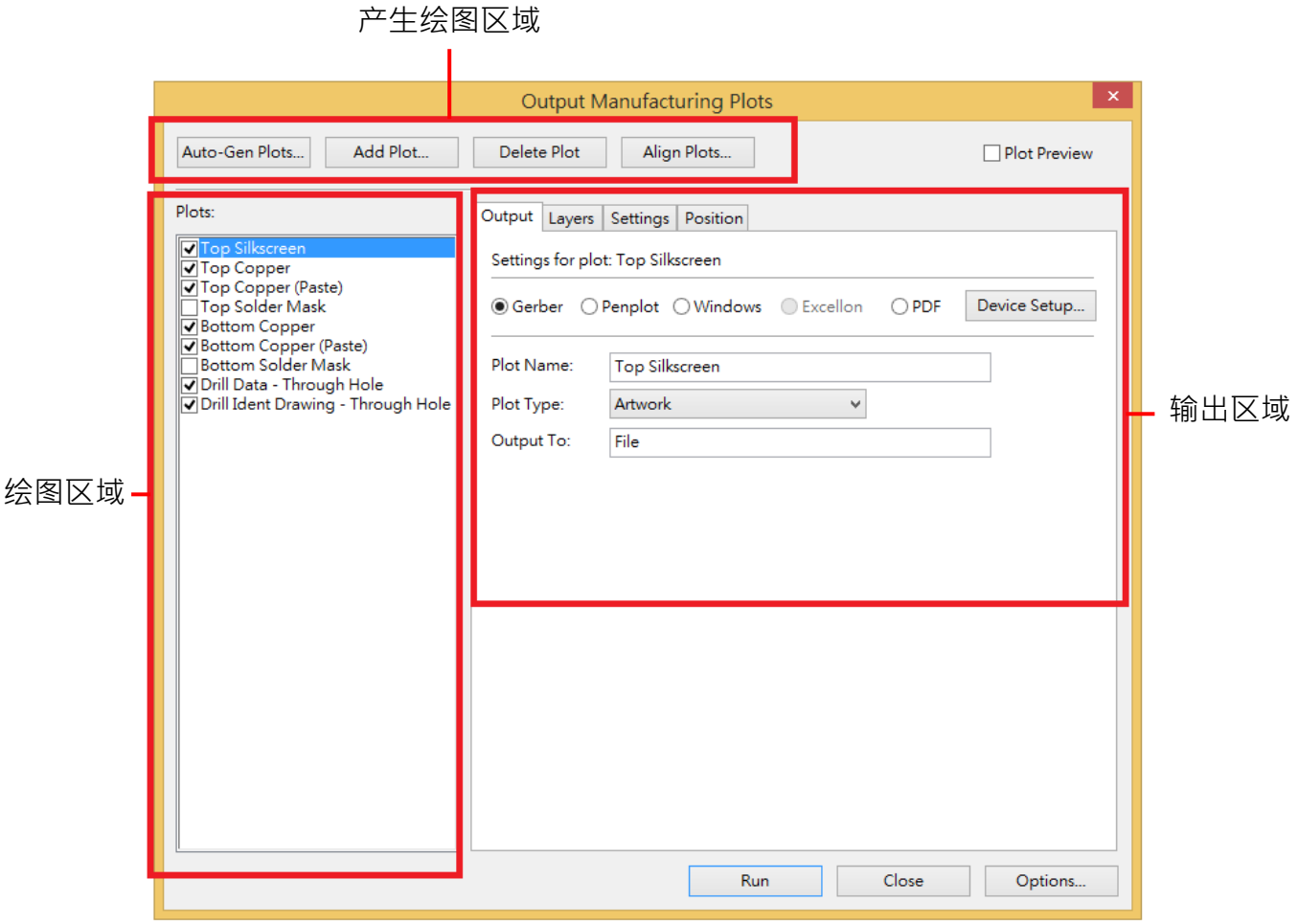


图 4-2 制造设计图产生窗口

如图 4-2 所示，该窗口可以分为三个区域，在**绘图区域**，我们可以选择绘图及输出的绘图选项；在**输出区域**，则是可以选择输出类别、迭层、绘图内容及比例；而在**产生绘图区域**则是可以选择自动产生绘图、增加或删除绘图及对齐绘图。在设定时，勾选**预览绘图**(Plot Preview)可以让您预览即将要输出的设计图，如图 4-3 所示。

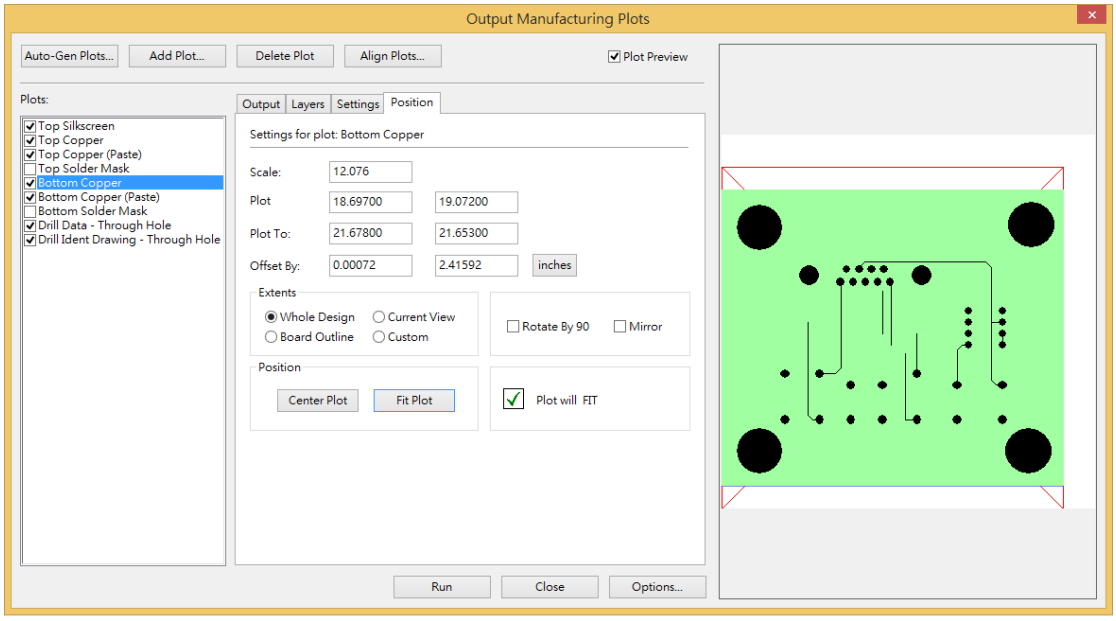


图 4-3 预览设计

设定完各绘图参数之后，即可准备输出设计，在输出前，您可以点选画面右下角的**选项**(Options)以配置文件的输出位置，如图 4-4 所示。

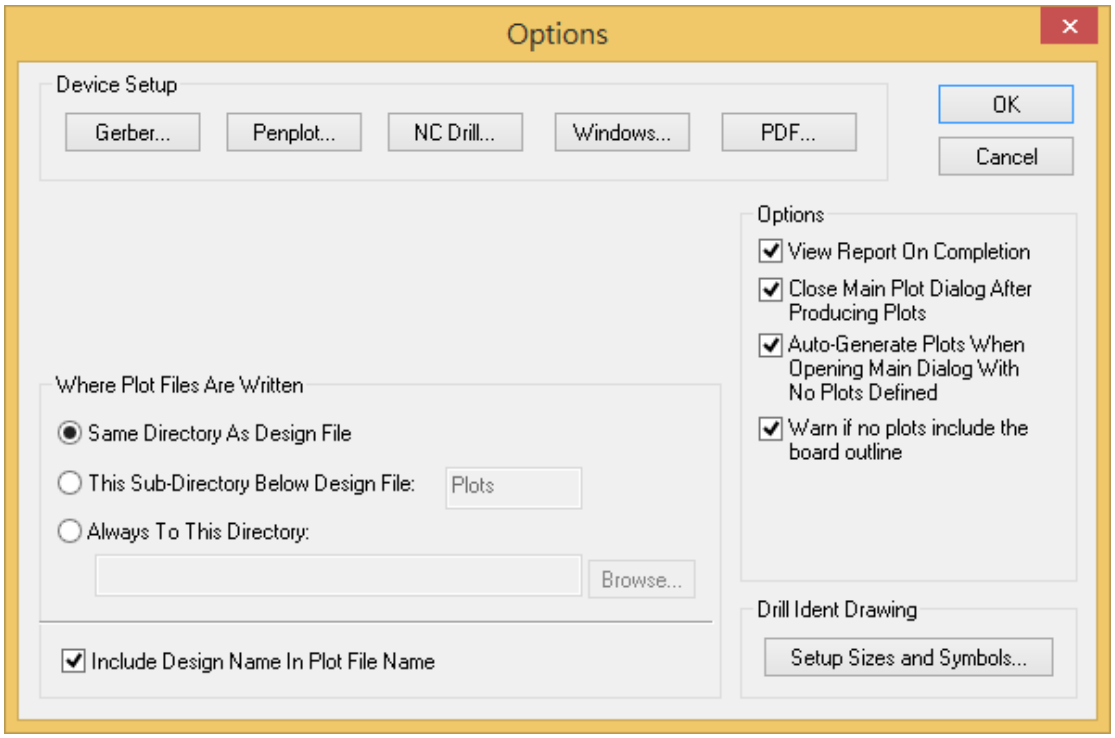


图 4-4 输出设定

档案输出的默认位置就是 PCB 设计图所在的位置(Same Directory As Design File)，若是您想要变更位置的话，就选择**总是到此路径**(Always To This Directory)，并点选浏览以指定路径。

设定完输出选项后，点选**确认**(OK)并回到主画面，按下画面右下角的**开始**(Run)即可输出您在绘图区域有打勾的图档。

4-2 物料清单

建立物料清单(Bill of Materials，以下简称 BOM)是 DesignSpark PCB 一项实用的功能，它可以直接连接到 RS-Online 电子商务网站，直接从您所在地的 RS 网站获得实时价格以及供货情况。产生的报价也可以下载、保存或是转发给其他人，简化制造 PCB 的流程，可说是非常实用。

要产生 BOM，请点选屏幕右上角的 **BOM 报价**(BOM Quote)，如图 4-5 所示。

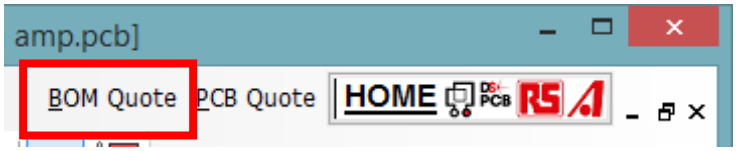


图 4-5 产生 BOM 估价

点选 BOM 报价后，设计里的所有零件会自 DesignSpark PCB 上传至 RS Components 的网站进行比对(此时会自动开启浏览器，记得电脑要保持在上网状态) 。接着就会自动产生物料清单，移到页面的底部，您就可以直接购买零件或是下载物料清单，如图 4-6 所示。

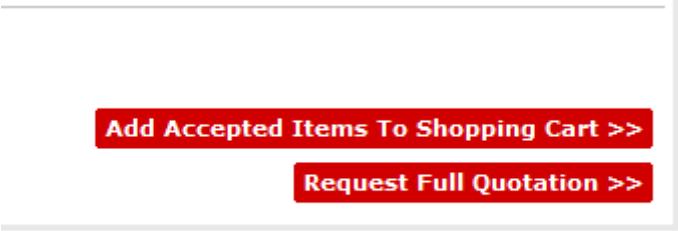


图 4-6 产生物料清单后，可以直接选择购买零件或是下载列表

4-3 PCB 实时报价

处理完零件后，最后就是 PCB 报价与制造，同样在画面右上角，请选择 **PCB 报价**(PCB Quote)，此时会跳出窗口要您确认设计，由于我们已经进行过除错，而设计也都已经确认，所以就直接点选**报价**(Quote)即可，如图 4-7 所示。

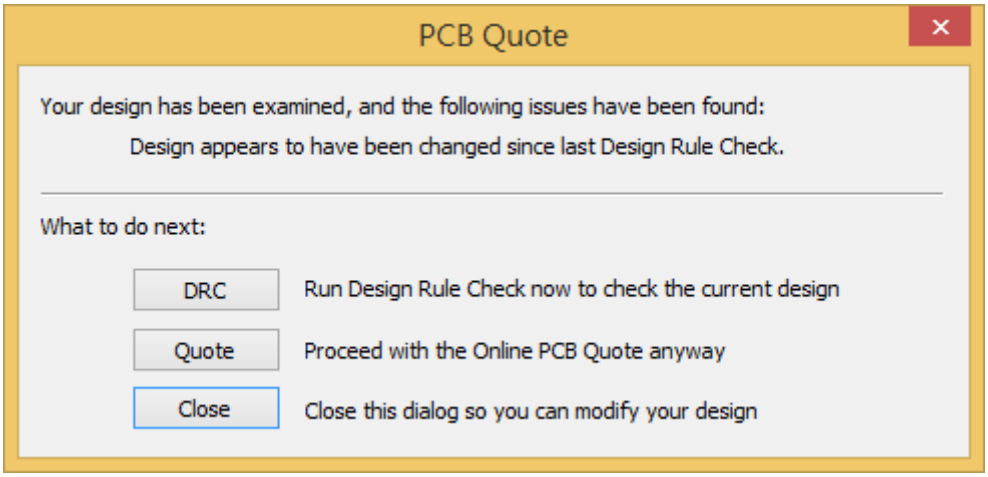


图 4-7 在报价前要先确认设计是否完整

点选报价后就会打开浏览器，点击**获得报价**(Request a Quotation)按钮，如图 4-8 所示。

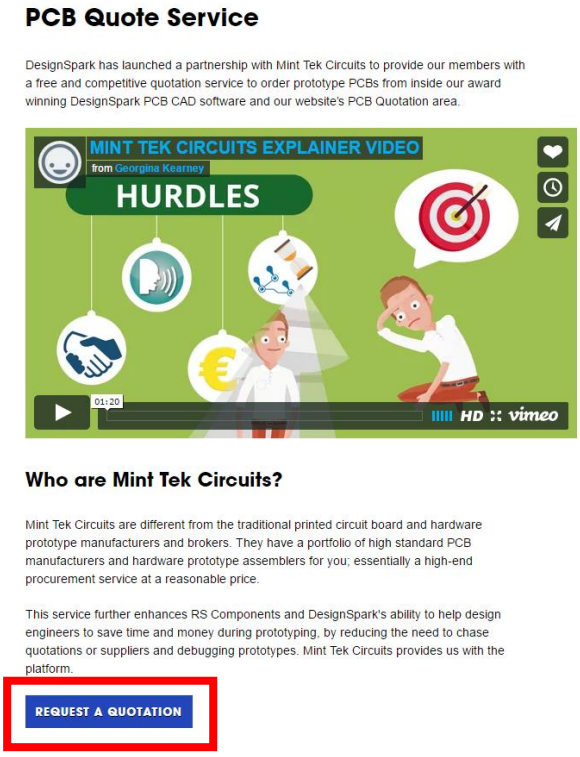


图 4-8 点击获得报价按钮

点击后会进入报价页面，您可以选择您需要制造的数量，如图 4-9，选择好后点选**计算**(Calculate)。

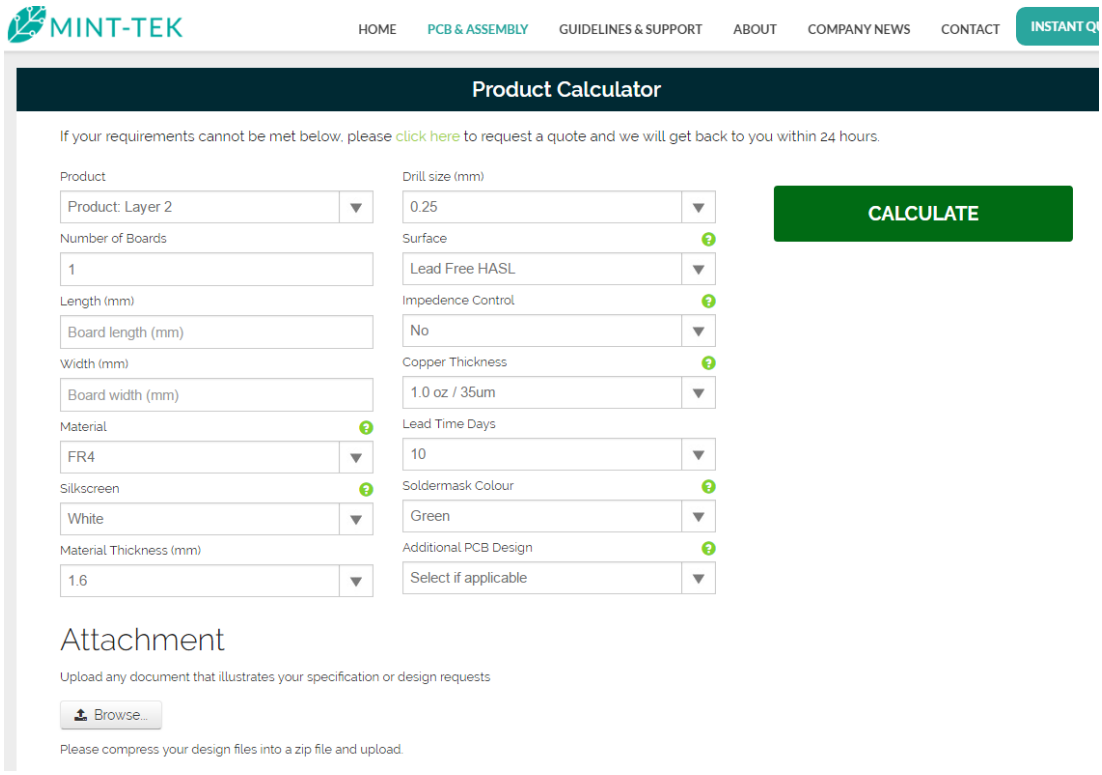


图 4-9 选择数量

接下来就会出现制造商的报价。

4-4 总结

我们对 DesignSpark PCB 的介绍到这里告一个段落，从电路图设计、PCB 设计到本章的估价与制造，您现在已具备能力可以从无到有完成自己的电路板了！在后面的章节，我们将介绍 DesignSpark Mechanical，让您可以更进一步绘制 3D 立体模型，成为一位货真价实的 Maker。

第五章

DesignSpark Mechanical: 安装及用户界面介绍

5-1 DesignSpark Mechanical 介绍

DesignSpark Mechanical 为 RS Components 所推出的免费 3D 绘图软件，强大且直觉的绘图方式，让所有的工程师及设计师不需要具备深厚的 CAD 的基础，也能够轻易地绘画出 3D 模型，此外也提供了丰富、现成的图库，及在线报价、购买的服务，让使用者大大减少开发的时间，且能够简单地完成作品。

5-2 安装 DesignSpark Mechanical

DesignSpark Mechanical 是个免费的 3D 绘图软件，用户可到 DesignSpark 的官网进行免费下载: https://www.rs-online.com/designspark/home-cn。

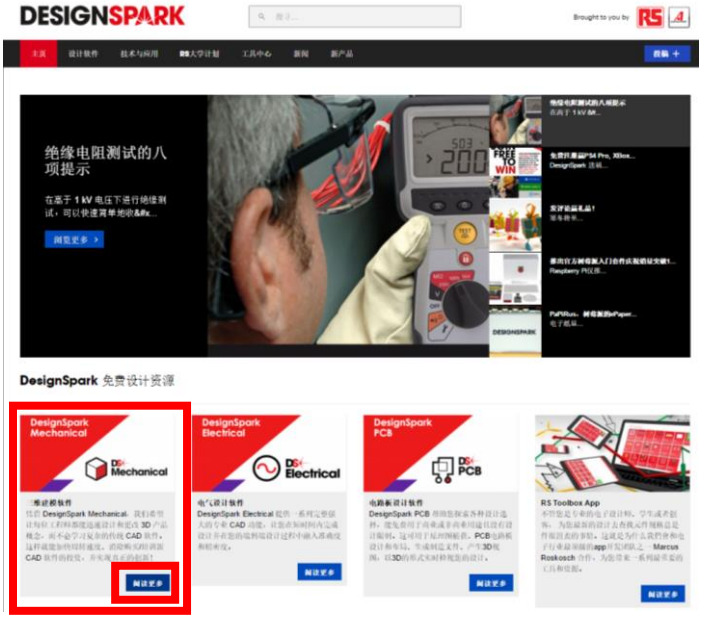


图 5-1　在 DesignSpark 官网上点击左下角的阅读更多按钮打开 DSM 的主页

进入 DesignSpark Mechanical 的主页后点击软件下载按钮。

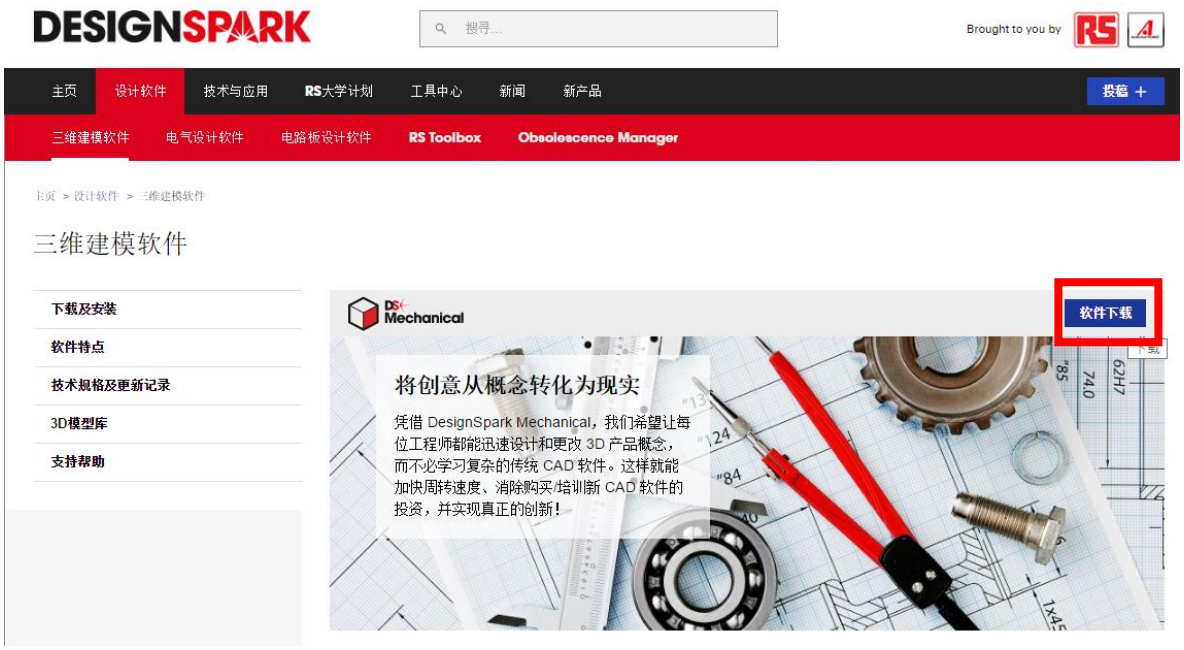


图 5-2　下载软件

进入后请确认您所使用的计算机是否符合硬件需求及根据操作系统(32 位或 64 位)下载程序，并请将下载的程序解压缩。

图 5-3　根据操作系统下载程序

开启解压缩后的文件夹，并点选 Installer 开始安装，选择安装路径及同意授权许可。

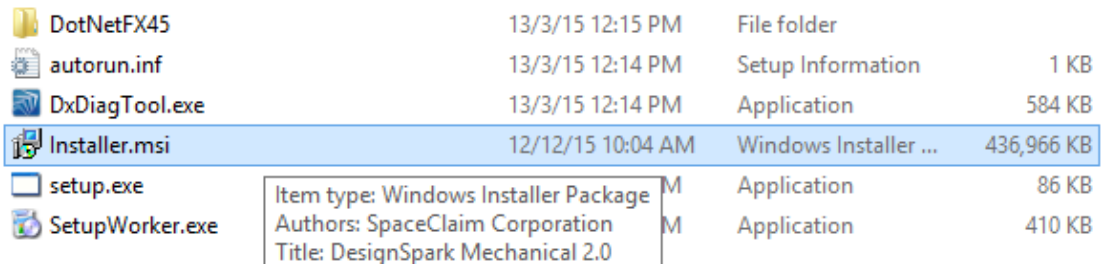


图 5-4 开始安装

依照安装步骤、同意授权许可协议，安装 DesignSpark Mechanical。

图 5-5 同意授权许可协议

安装完成后请开启桌面上的 DesignSpark Mechanical，若您已经是 DrsignSpark 的用户可直接登入(账号可与 DesignSpark PCB 相通)，若没有请点选「创建 DesignSpark 账户」并参考本书第一章建立一个新的账户。

图 5-6　开启 DesignSpark Mechanical

当用户名称及密码输入正确时，会出现图 5-6 的读取画面，代表 DesignSpark Mechanical 正在开启。

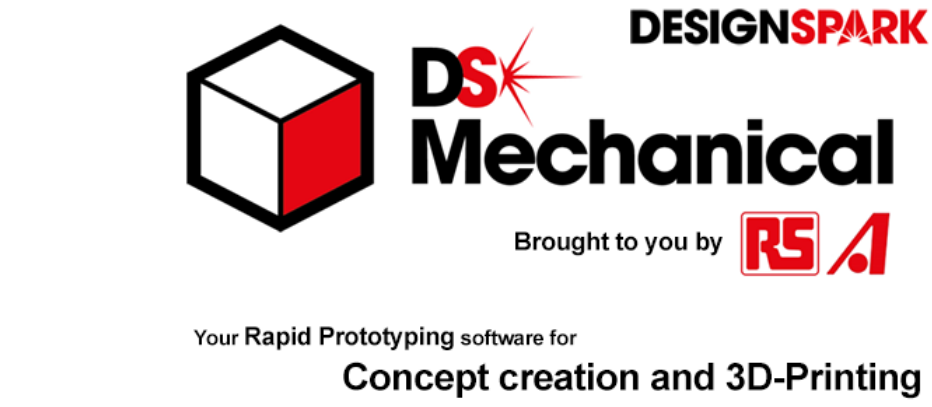


图 5-7　程序开启中

5-3 程序环境介绍

DesignSpark Mechanical 程序开启后会出现如图 5-7 的主画面，程序画面设计概念与一般文书处理软件类似。程序上方为工具栏、绘图工具、视角显示等都在此区内，程序左方为组件的设定区，此区内可以设定绘图时的组件、图层及属性等等，最后则是右方的绘图区，可以透过鼠标及工具栏内的设定改变视角，并且透过方格的辅助进行绘图。

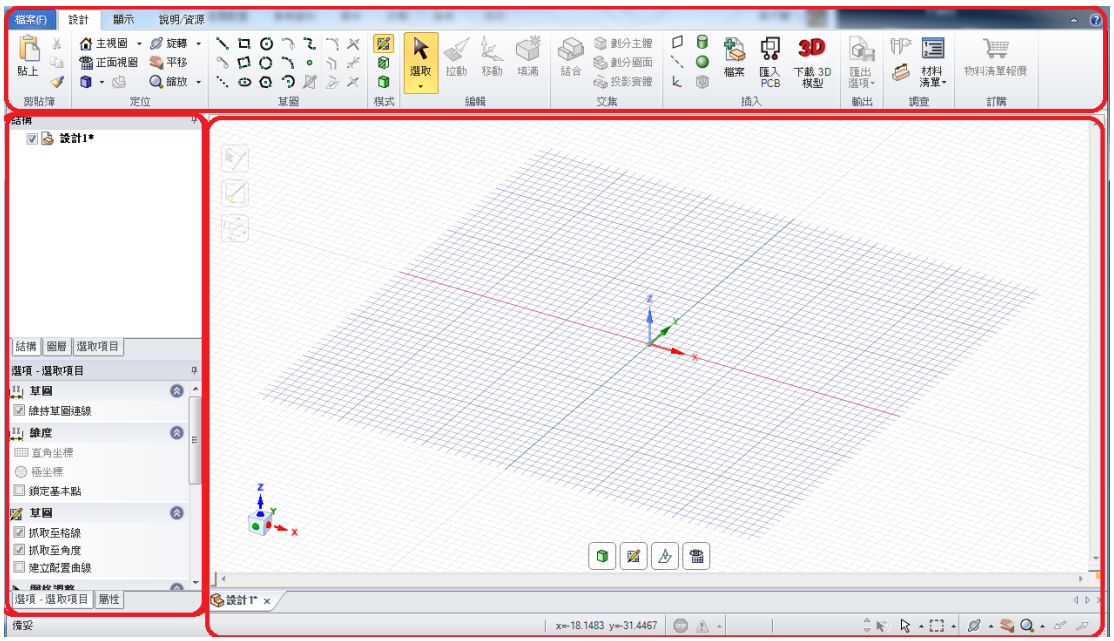


图 5-8 DesignSpark Mechanical 主画面

在工具栏下有三个子目录，分别为**设计**、**显示**及**说明/资源**，在开启程序时系统会自行选择「设计」目录，在设计下面又依照不同功能又分为 7 个子目录：

图 5-9 工具栏

设计标签

1. **剪贴板**：可以进行剪下、复制、粘贴等动作。

2. **定向**：可以透过选取回位、平面图、上下左右等各种不同视角来检视图形，也可以透过转动、平移及缩放来自行设定一个最佳的绘图视角。

图 5-10 定位

3. **草图**：草图又分为两个区块，左边区块可以选择不同的线条，如直线、曲线等进行几何绘图及建立模型，右边区块则是对线条进行修改动作，如建立圆角、平行复制等等。

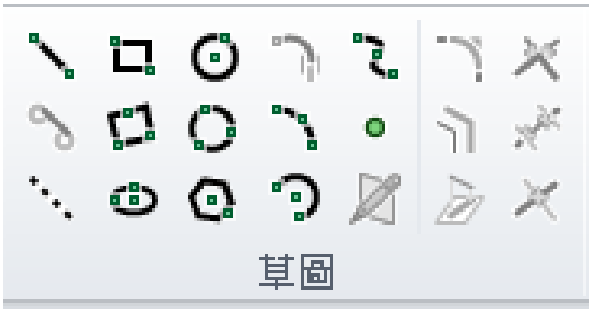


图 5-11 草图

DS Mechanical　DS PCB　DS Electrical　RS

4. **模式**：使用不同的方式观看 3D 模型，有草图、剖面、3D 可以选择。

图 5-12 模式

5. **编辑**：透过选择、拉动、移动、填充，可以随心所欲地建立模型：

- 选择：能让您使用左键点击来选择点、线和面。在使用其他功能时，选择功能仍然有效，选择下方的选项中也可以指定选择对象的方式。此外，左键点击**选择**会根据 1、2、3 次点击次数而有所不同。左键点击 1 次是选取点选的该线，2 次则会选取一个边缘循环（重复此步骤将循环所有可用的边缘循环），点击 3 下将会选取整个实体（但在选取实体时不会采集实体的数据）。

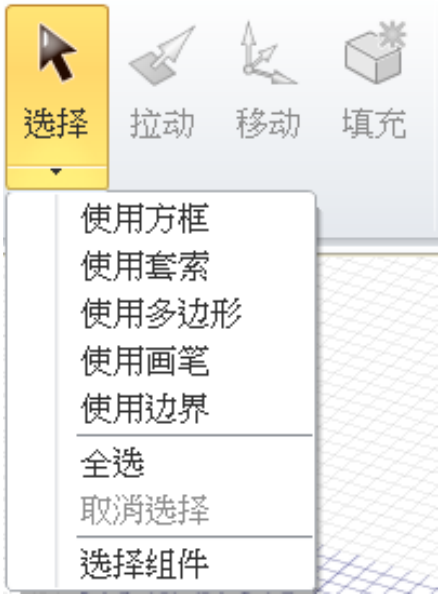


图 5-13 选取

- 拉动： 拉动工具有多种使用方式，用来把 2D 草图拉成 3D 图形。当三维对象已形成后，拉动工具可以透过拉动一个表面来延长或缩小对象，修改倒图或斜切边缘，并通过把草图拉动出来，就能在一个表面上增加新的对象 (详见本书第七章)。

- 移动：工具会使用移动控点，从而允许不同的线性和径向移动，取决于三个要素：1. 模型的哪一个部分被选取，2. 移动控点的枢纽放在哪里，3. 移动控点的哪个轴，当选择移动功能时，在设计窗口的左上方可以找到”选取组件”，使用此工具来选取一个对象能确保其对象在复制后保留。

- 填充：能够删除对象及更复杂地修改对象的工具。

6. **相交**：将图形分割或者结合。

图 5-14 相交

7. **插入**：此工具栏提供了汇入模型的功能，用户可以在在线模型库内寻找现成的、合用的图形直接汇入。

图 5-15 插入

8. **其他指令区:** 包含了档案输出、尺寸标注、材料清单和零件报价等功能。您可以在绘图完毕后标注物件的详细尺寸，这功能在后面的章节都会用到。另外还能输出零件清单，并进行在线报价右陆下单购买，节省使用者宝贵的时间。

图 5-16 其他指令区

显示标签

此标签下包含了视角切换，图层使用以及分割/切换视窗等功能，您可以找到最佳角度且选择需要的图层进行绘图。

图 5-17 显示标签

帮助/资源标签

这里包含了软件说明、线上教学课程和设计范例，也能跳转到论坛去发问或是寄信给 RS 寻求技术支持，让您能更快上手 DesignSpark Mechanical 的操作方法。

5-4 总结

DesignSpark Mechanical 在学习使用上来说，是个相当容易上手且资源丰富的一套绘图软件，在开发项目上，绘图方式简单、直觉，在线图库及报价送货的功能，让开发时间可以大幅降低，本章大致上把所有的功能描述了，在往后的几章会教导各位如何运用这些工具，绘制出一个理想的 3D 图形。

第六章

基础建模

6-1 正立方体

DesignSpark Mechanical 属于直觉性的绘图方式，因此绘制一个正立方体时，只需要绘制一个四边形，再将其面拉动成立体即可。

步骤 1: 工具栏中选择**设计**标签选项。

步骤 2: 工具栏设计标签中，在定位工具下选择**平面图**。

步骤 3: 在草图工具下选择**矩形**。

图 6-1 选择矩形

步骤 4: 在绘图区中的草图网格的任意位置上，单击左键并侧向拉动，此时绘图区会出现一个矩形。

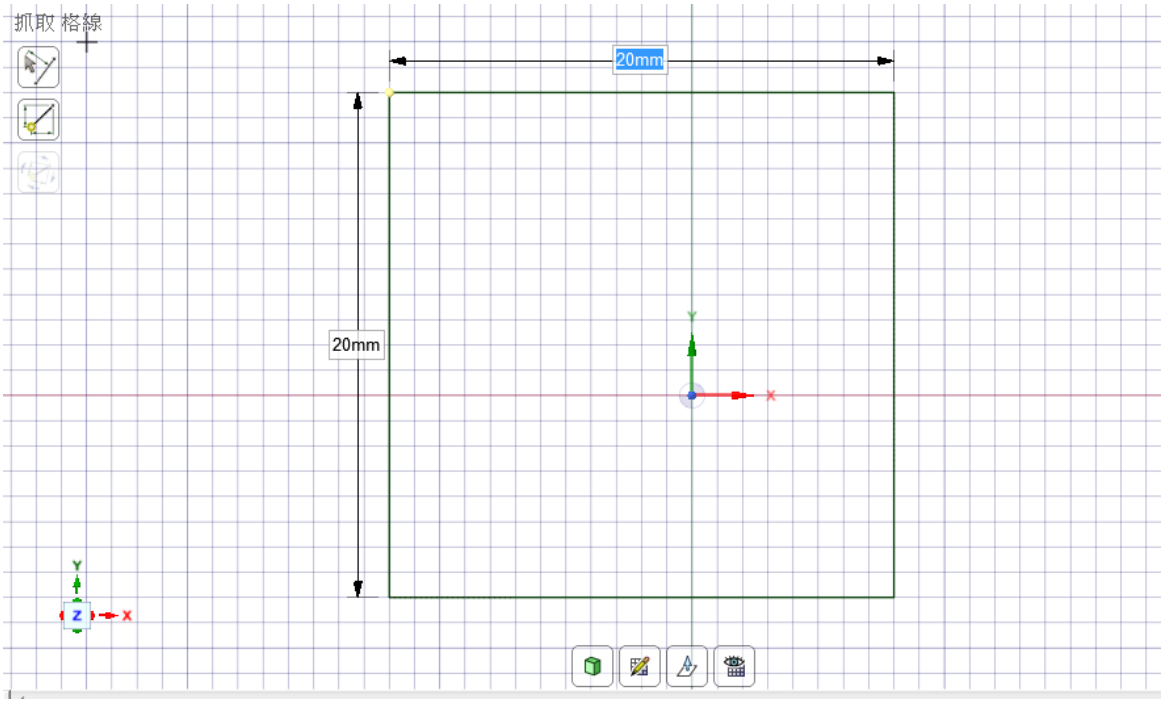


图 6-2 矩形绘制

步骤 5: 键入适当的边长（20mm），并按下 Enter 键，此时四边形就建构完成了。在输入边长时，也可以按下 Tab 键切换坐标轴（边）后输入理想边长。

步骤 6: 在**设计**标签的**定向**工具下，选择**回位**功能。

步骤 7: 在编辑工具下，选择**拉动**功能。

图 6-3 选择移动

步骤 8: 对着四边形平面点击左键，像黄色箭头方向移动并拉出形状。

步骤 9: 输入适当边长（20mm），并按下 Enter 键。

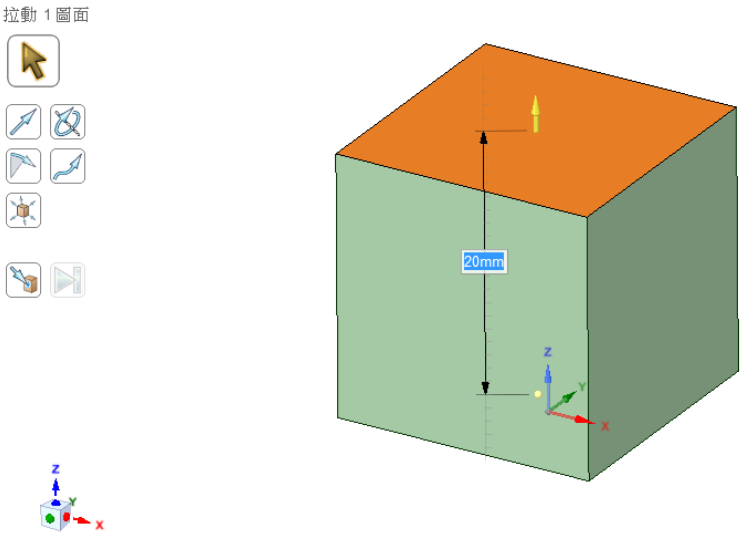


图 6-4 输入高度

步骤 10: 在空白处点击左键，结束拉动动作。

6-2 圆角化立方体

步骤 1: 首先，请先将立方体要圆角化的边缘选出来，对着边缘点选左键即可选择。若有选择多个边缘要时，可以按下 **Ctrl+左键**来选择多个边缘，也可以对着其中一个边缘连续点选两下左键，则会自动选取同一平面的所有边。

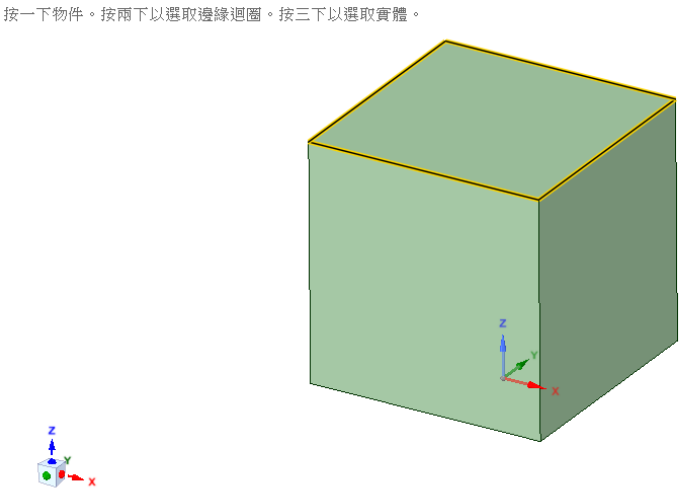


图 6-5 选取边缘

您可以透过鼠标中间滚轮来缩放画面及旋转立方体，以增加选择边缘的便利性，另外可以在画面右下角的**选项筛选器**中取消**智能**，并选取**边**，如此一来在立方体中，便只能选取边缘了。

图 6-6 选项筛选

步骤 2: 在选取所有边缘都后（边缘呈现黄色），选择**拉动**，对边缘点选左键，并朝着箭头方向拉动，并键入理想的圆弧半径(在此为 2)，按下 Enter 键后即可。

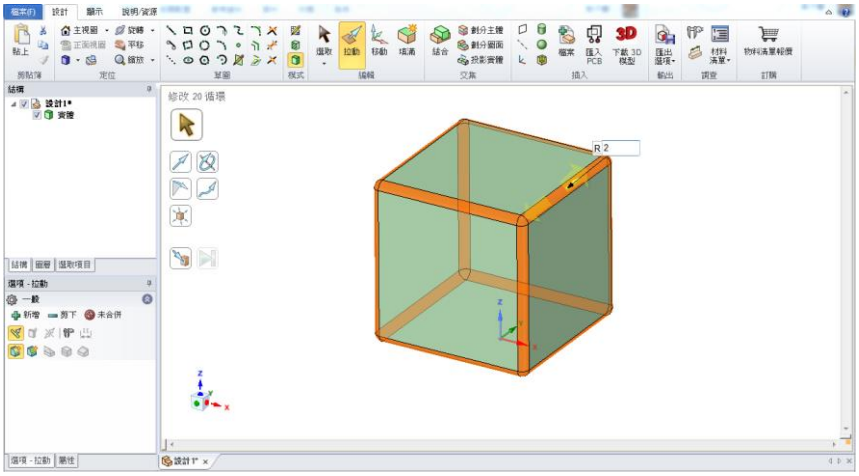


图 6-7 圆角化

最后请点选画面左上角的文件选单，将此图形保存，文件名为 Square。

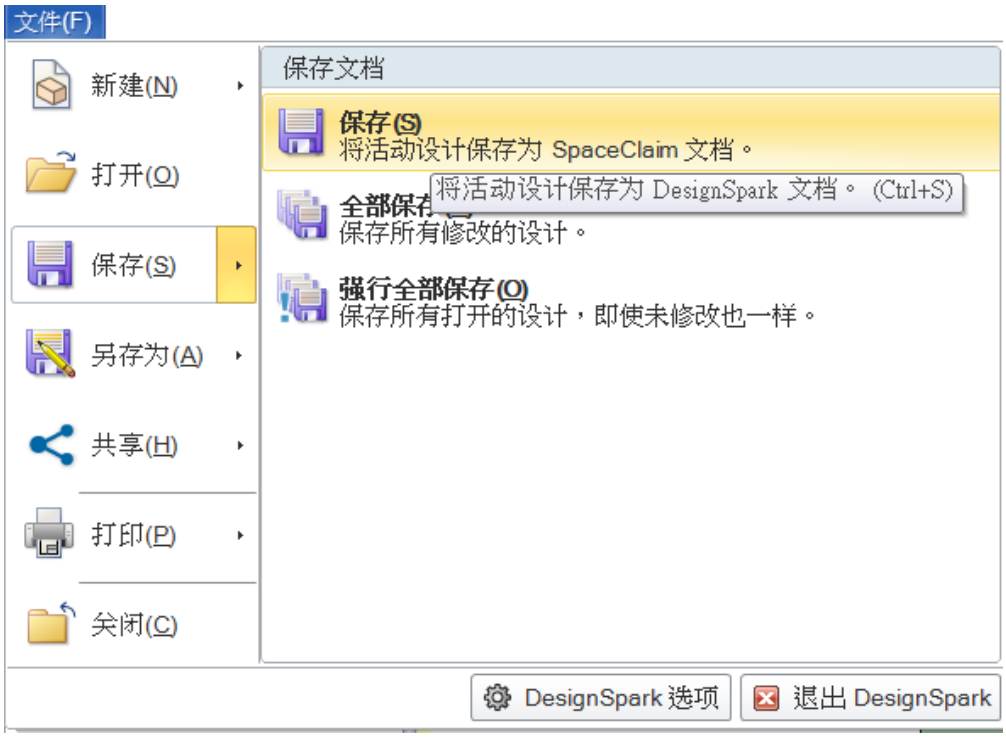


图 6-8 保存

6-3 轴与洞

轴

延续前面两小节的正立方体，本节将在正立方体上增加轴与洞。

步骤 1: 点击任一平面后，在**模式**选单下，选择**草图模式**，将此平面的网格叫出。

步骤 2: 在**草图**工具栏下选择**圆形**功能。

图 6-9 选择圆形

步骤 3: 选择正立方体中的其中一个表面，在其中心点点击左键，并向侧向拖移，键入 10mm 后，按下 Enter 键。

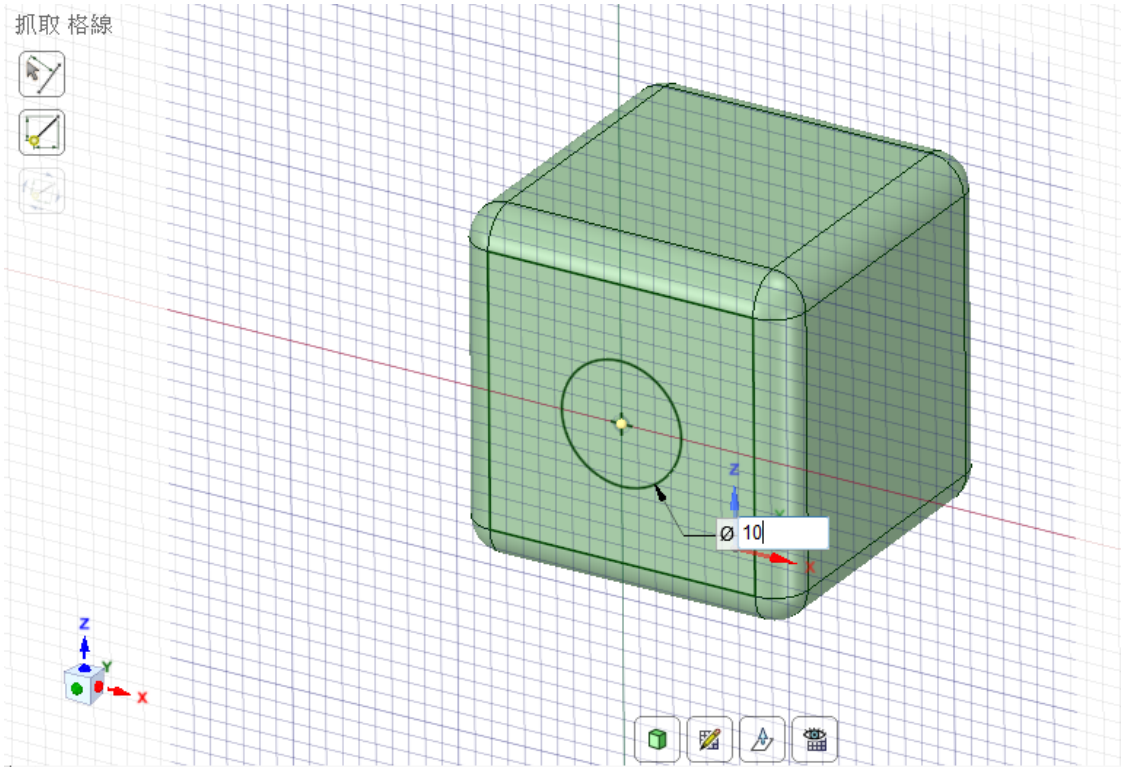


图 6-10 圆形绘画

步骤 4: 在**编辑**工具下选择**拉动**，对着圆形平面点选左键，朝着箭头方向向外拉动，键入 7mm 后并按下 Enter 键。

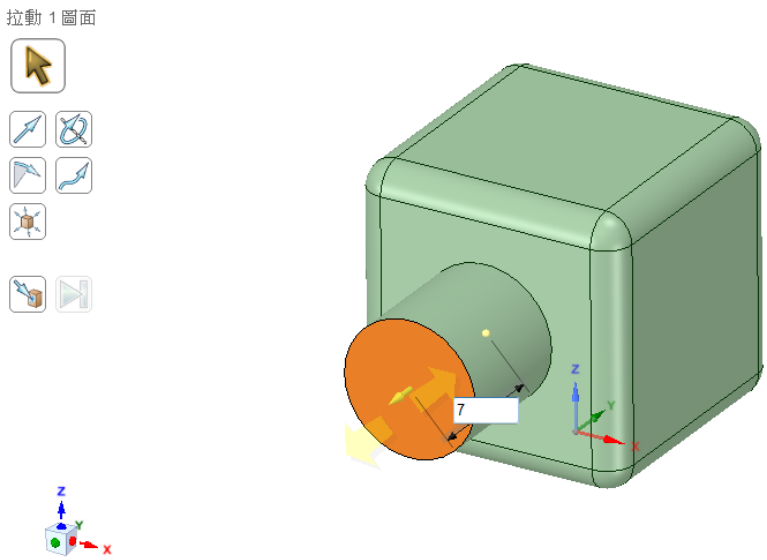


图 6-11 拉动

步骤 5: 在立方体的六面都重复完成步骤 1~4，让六面都有轴延伸出来。您可以透过**定向**工具来改变视角，点击平面后再选择**草图**模式，以方便选取中心点。

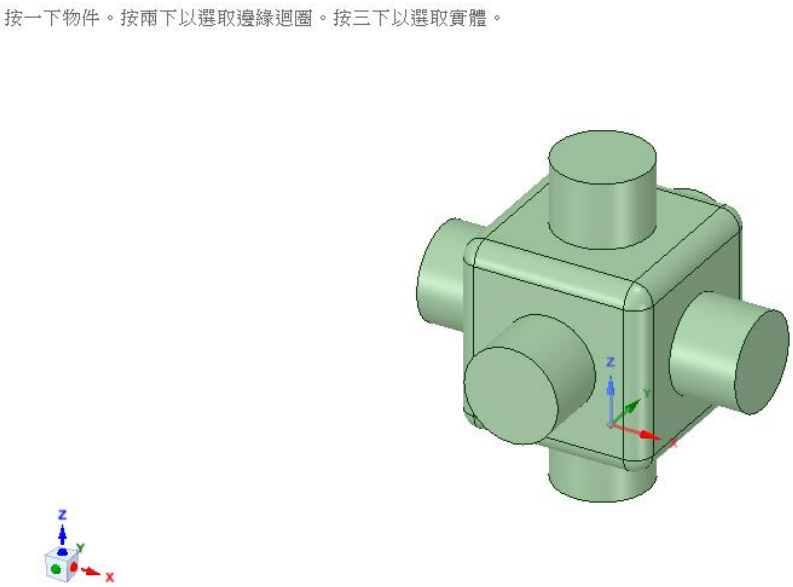


图 6-12 六边拉动完成图

步骤 6: 透过 Ctrl+左键，将所有轴的引脚边缘选取后选择**拉动**，同时将每个引脚边缘圆角化，并键入 1.5(圆角半径)后，按下 Enter 键。

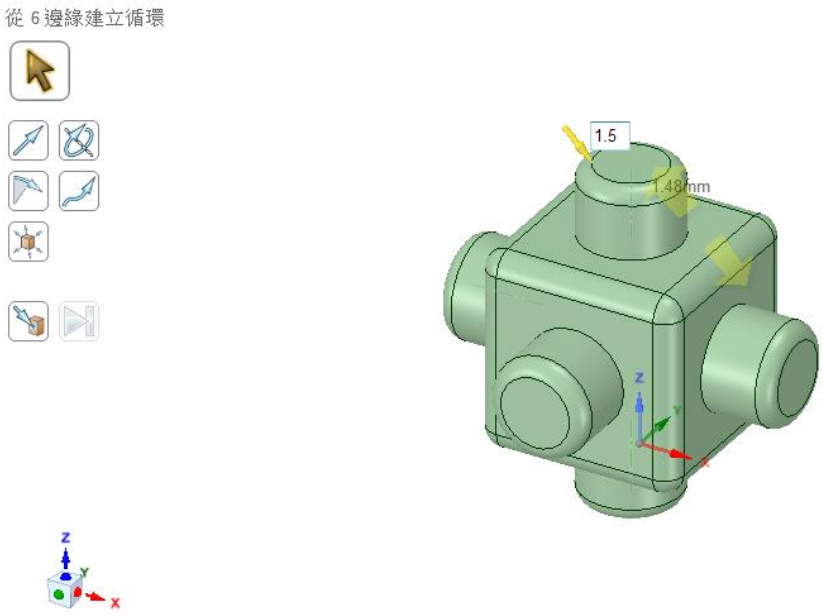


图 6-13 产生圆角

步骤 7: 绘制完成后将其另存新档，档名为 Pin Cube。

洞

本段中，我们要绘制出可以与 Pin Cube 的轴互相结合的图形，因此要练习如何在立体物件上挖洞。

步骤 1: 开启 2.2 的 Square 档案。

步骤 2: 点击任一平面后，在模式选单下，选择**草图模式**，将此平面的网格叫出。

步骤 3: 在草图工具栏下选择**圆形**。

步骤 4: 选择正立方体中的其中一个表面 ,在其中心点点击左键 ,并向侧向拖移，键入 10mm 后，按下 Enter 键。

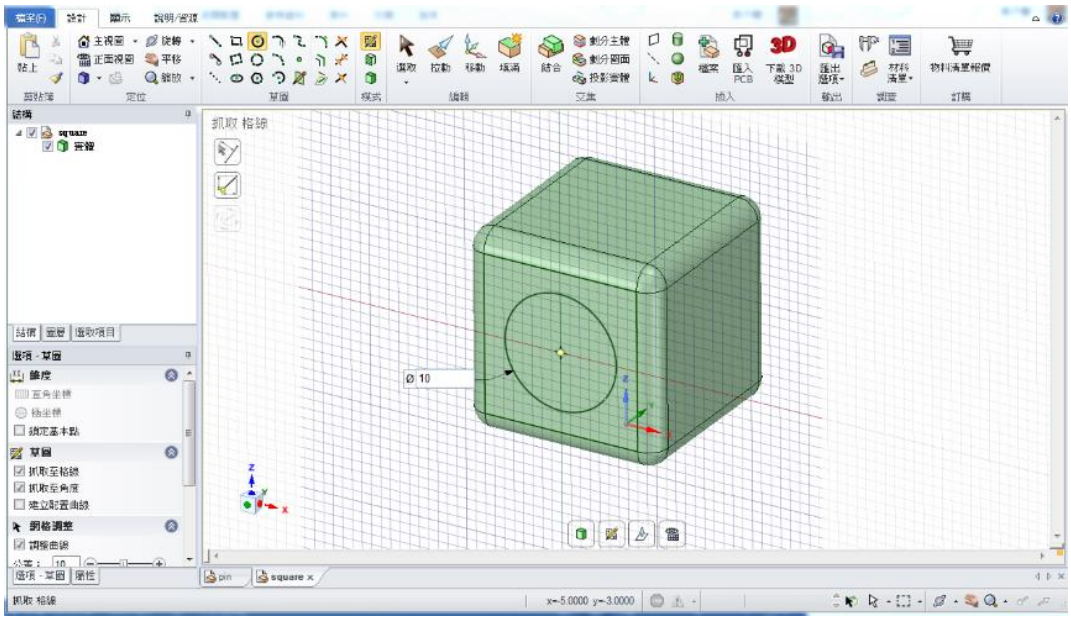


图 6-14 圆形绘制

步骤 5: 在**编辑**工具下选择**拉动**功能，对着圆形平面点选左键，朝着箭头方向向内部拉动，拉动距离需超过立方体的边长 20mm，拉移结束后对着空白处点击左键，此时立方体的这一面就会出现一个洞，如图 6-15。

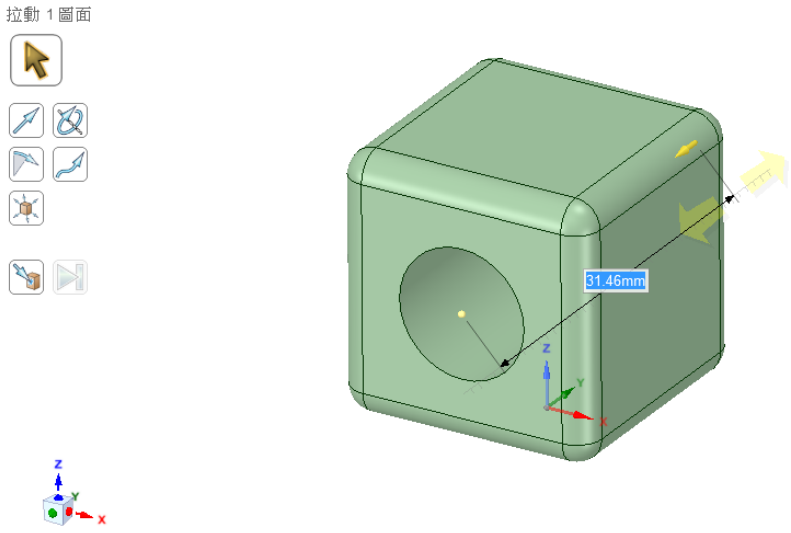


图 6-15 拉动切割

步骤 6: 在立方体的六面都重复完成步骤 2~5，让每一平面都有一个洞。

步骤 7: 将每个平面的洞口添加倒角，为了节省时间，可以先点选任一洞口的圆。接着在左侧组件设定区，选择**选取项目**，并点选**具有相同长度的边缘**，此时程序将会自动把相同长度的边缘选取起来。

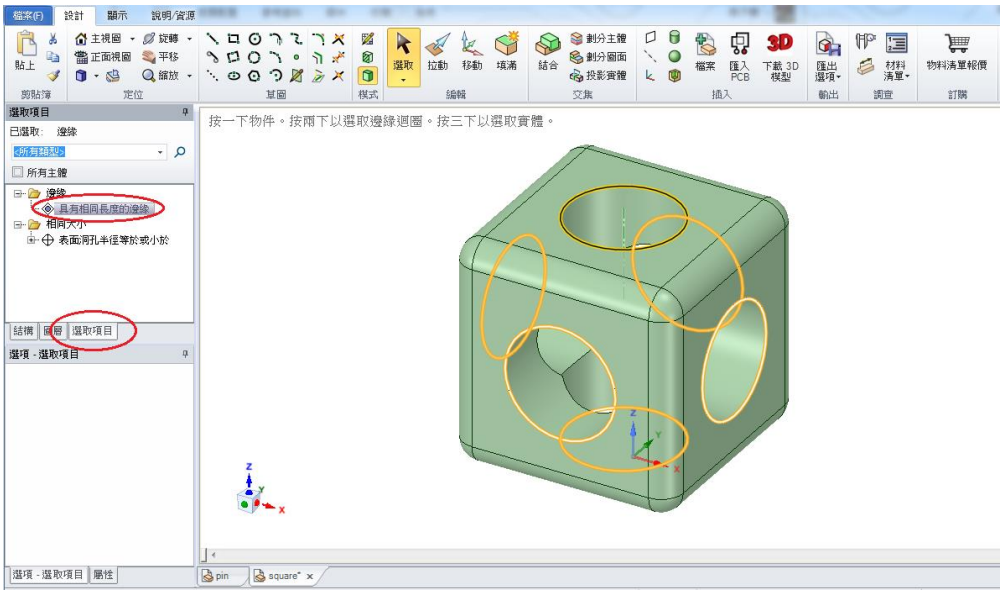


图 6-16 选择边缘

步骤 8: 选择**拉动**，同时将每个边缘倒角化，在画面左下方的**拉动选项**中选择**倒角**。

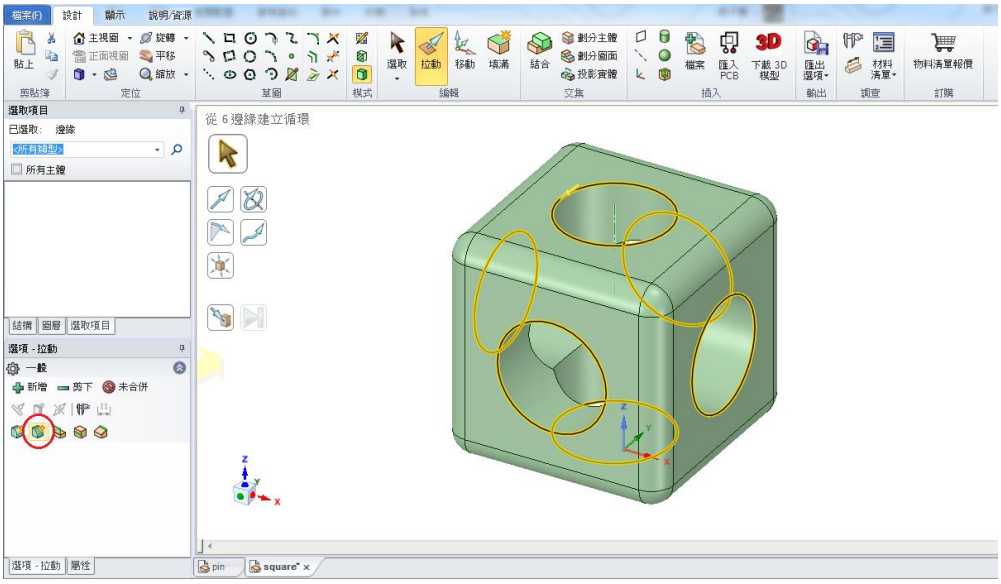


图 6-17 相同边缘选取

步骤 9: 对着选取的边缘点击左键，并朝箭头方向拉动，键入 1(圆角半径)后，按下 Enter 键。

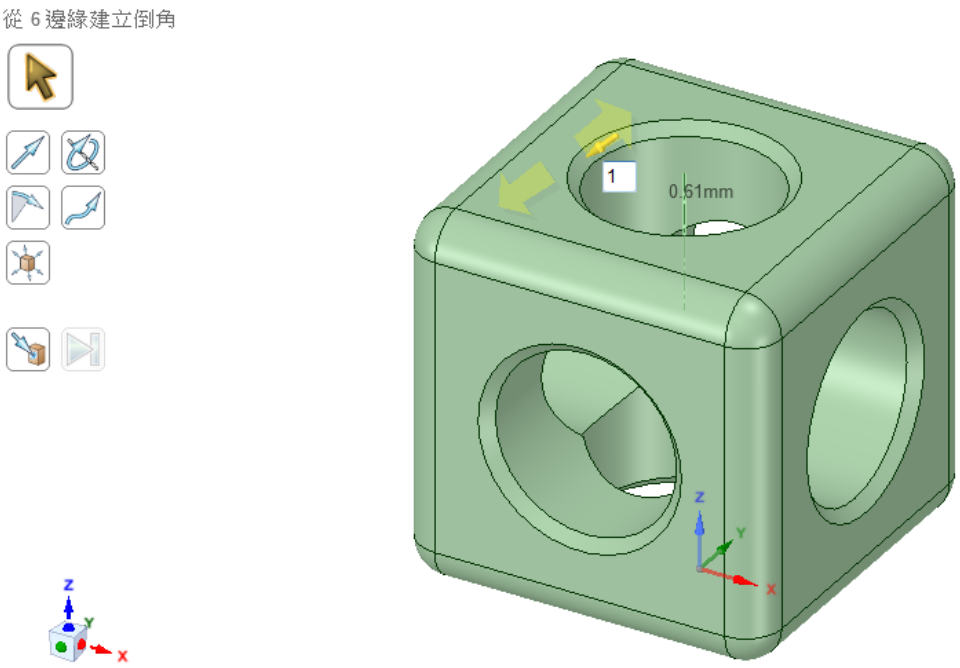


图 6-18 倒角

步骤 10: 绘制完成后将其另存新档，档名为 Hole Cube。

6-4 组装立方体

步骤 1: 请先开启 6-2、6-3 所画出来的 Pin Cube.rsdoc 及 Hole Cube.rsdoc 图档，开启后可在程序下方看见开启档案之档名。

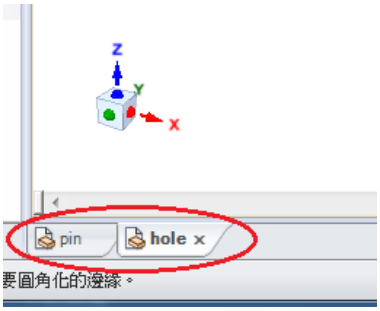


图 6-19 开启档案

步骤 2: 对着 Hole Cube 连续点击三下，选取整个实体后，使用工具栏左上方的**复制**指令。

步骤 3: 左键点击进入 Pin Cube 设计，并使用**粘贴**指令（使用粘贴指令不会修改到源文件）来导入 Hole Cube（若导入模型与原有的模型发生重叠时，并没有关系），导入后另存新档：Cube Assembly。

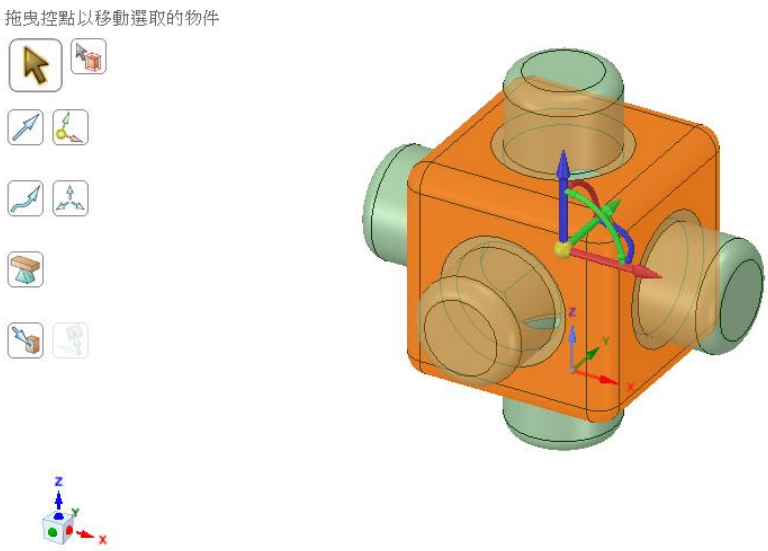


图 6-20 导入图形

步骤 4: 选择**编辑**工具中的**移动**功能，选取 Pin Cube(连续点击三下)，在模型中会出现一个可移动的三轴锚，三轴分别代表 x、y、z 轴，鼠标对着其中一个轴并移动，即可移动 Cube。

我们先透过**移动**指令，将两个方块先稍微分开一点，以便后续组合。

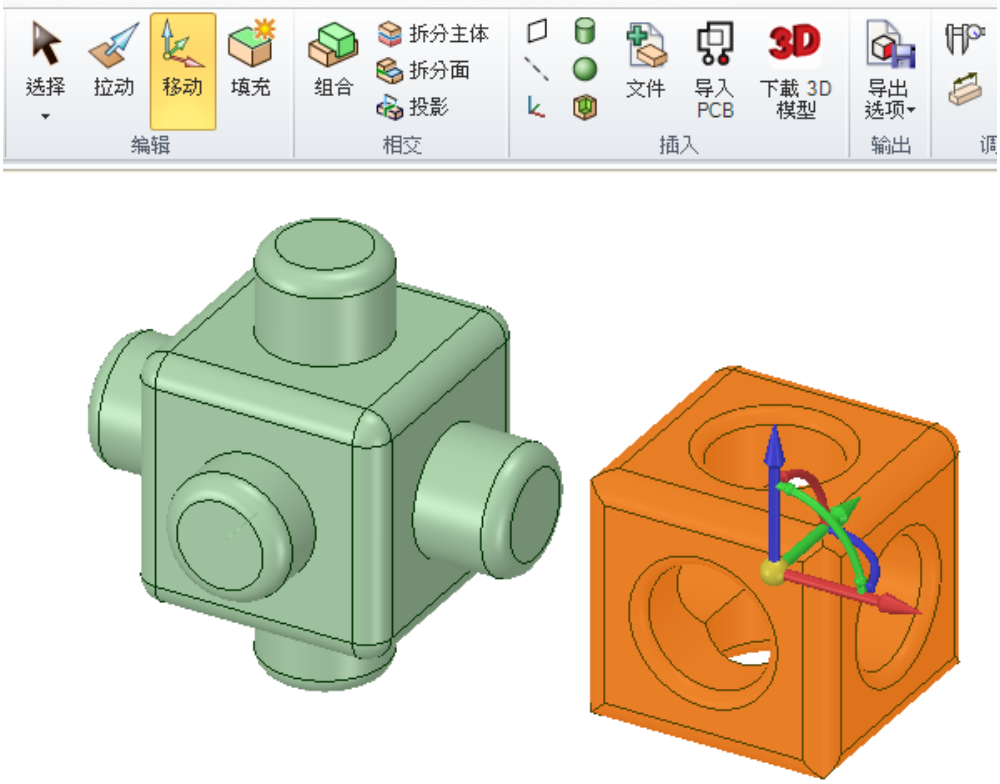


图 6-21 移动图形

步骤 5: 接下来我们要将轴放进 Hole Cube 的洞中来组合这两个 Cube，您需要多次使用**移动**和**直到**的功能使立方体移动至正确的 x、y、z 位置。

请确认您仍然选择了**移动**功能，并选择了整个Cube，按着移动锚的中心点，并把它放置在您想要的立方体与另一立方体要对齐的表面。换句话说，我们必须要将两个 Cube 的其中一个表面对齐在同一水平面上，因此请将移动锚移动到要对齐的面上。

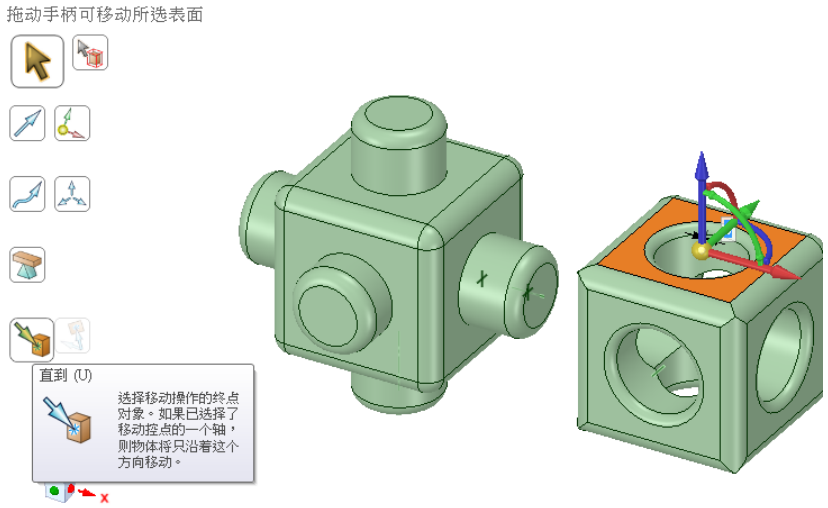


图 6-22 “直到”功能

将移动锚移动到我们要的表面后，点选**直到**，再点选要对齐的表面（您也可以点选点或边缘，只要它们是在那一个表面），此时两个表面就会对齐在同一水平上了。

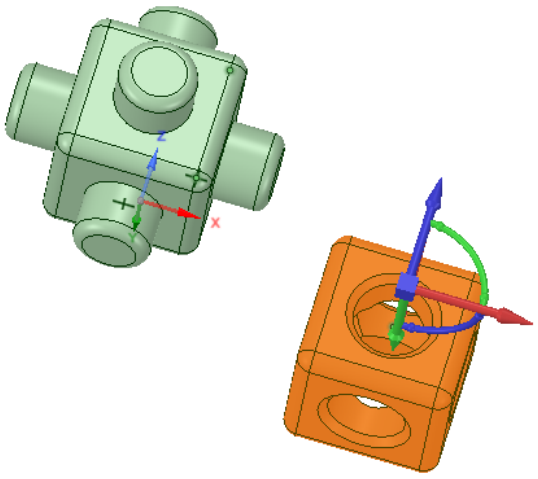


图 6-23 使用直到功能来对齐平面

步骤 6: 重复步骤五，将三轴的面都对齐，这样即可将两个 Cube 组在一起。

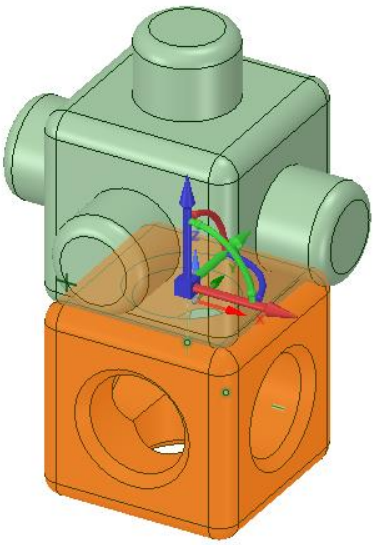


图 6-24 组合图形

步骤 7: 要扩大组件时，可以对着立方体点击三次，并复制粘贴，再重复前面步骤，即可将他们组合在一起。

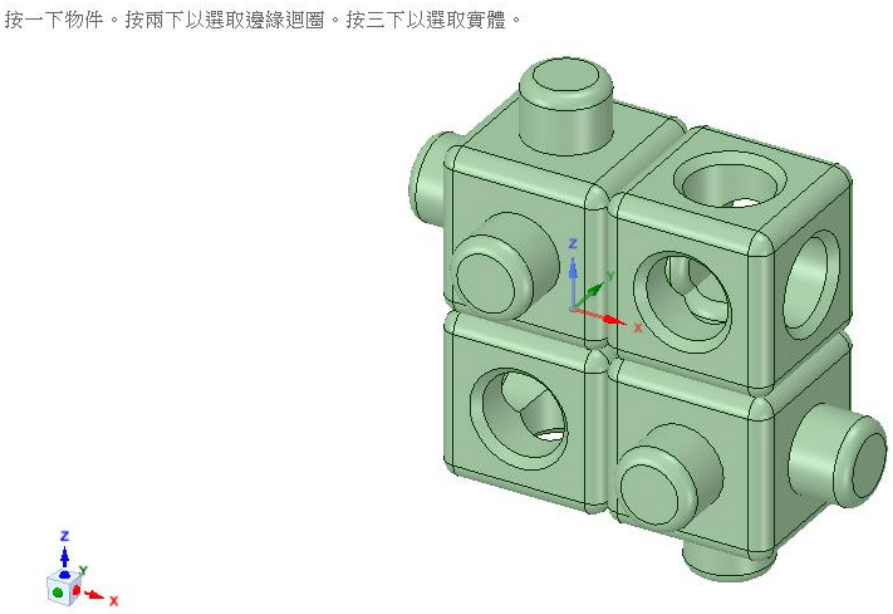


图 6-25 组合完成图

6-5 填充

填充工具是用来删除模型中的形状和用周围的几何体来代替。填充工具可以在选取模型上的形状前或后使用。换句话说，如果在选取模型前就先选择了编辑栏中的**填充**工具，则**填充**工具会持续可以使用。反之，若先选择了模型中要填充的部位再选择**填充**工具，则填充工具在填充此部位后将停止选择。

步骤 1：开启练习用的 Hole Cube 图档。

步骤 2：选取圆角。

左键点选 Hole Cube 中的任一圆角来选取其表面。

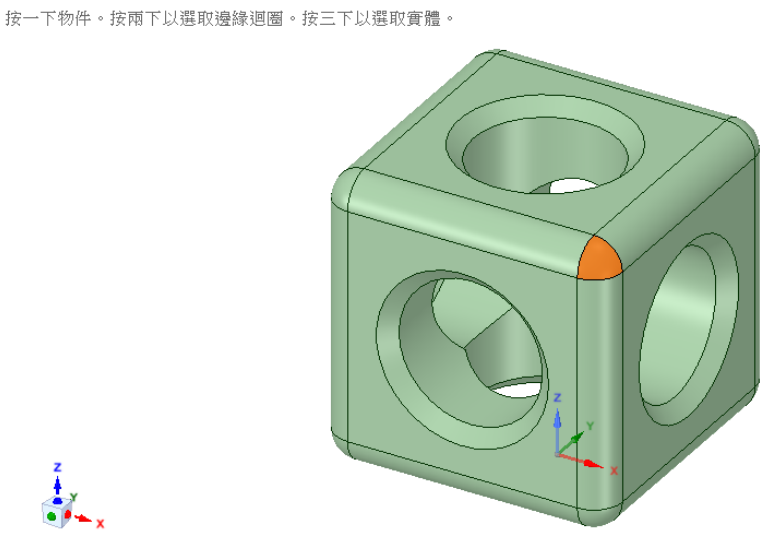


图 6-26 选取圆角

步骤 3：圆角填充。

在编辑栏中按**填充**，您可以看到原本由立方体三边所围成的圆角已被三边延伸所填充 (工具栏中**填充**工具已返回未激活状态)。

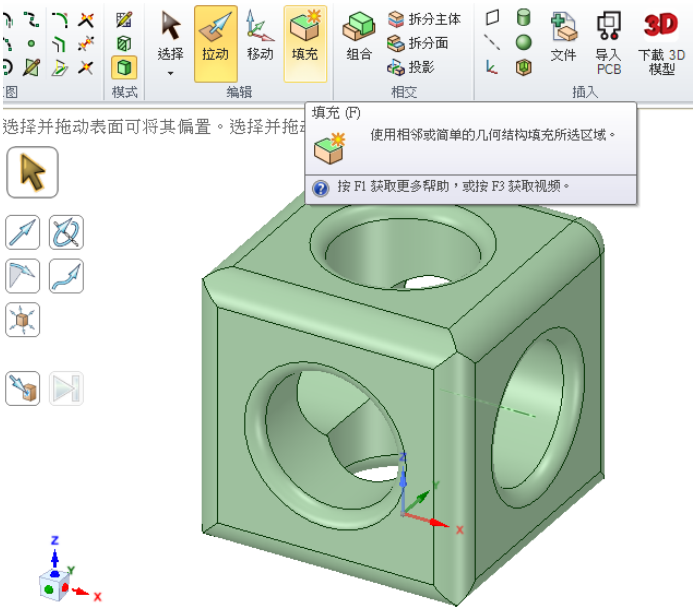


图 6-27 填充

步骤 4：圆角填充。

剩下的七个角我们可以一次将其选取，首先选取其中一圆角，点选程序左方**选择项目**，选择**具有相同面积的面**。此时我们可以发现程序将图形上相同面积的表面全部选取了，接下来与步骤 3 相同，点选编辑中的**填充**，则每个圆角皆都被边缘所取代。

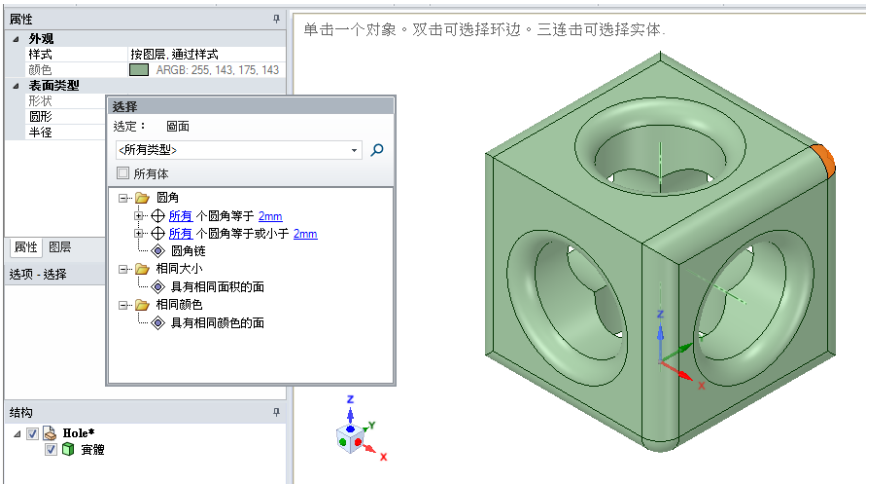


图 6-28 填充

步骤 5：点选**填充**工具。

再次点选编辑栏中**填充**工具 注意，请勿先点选模型)。

步骤 6：边缘填充。

因为未先选择模型，因此**填充**工具会持续激活，点击立方体任何两个侧面中间的圆边，按下 Enter 键，您可以看到两个平面会延伸出去而将圆边取代。请重复同样步骤，将所有边缘填充。

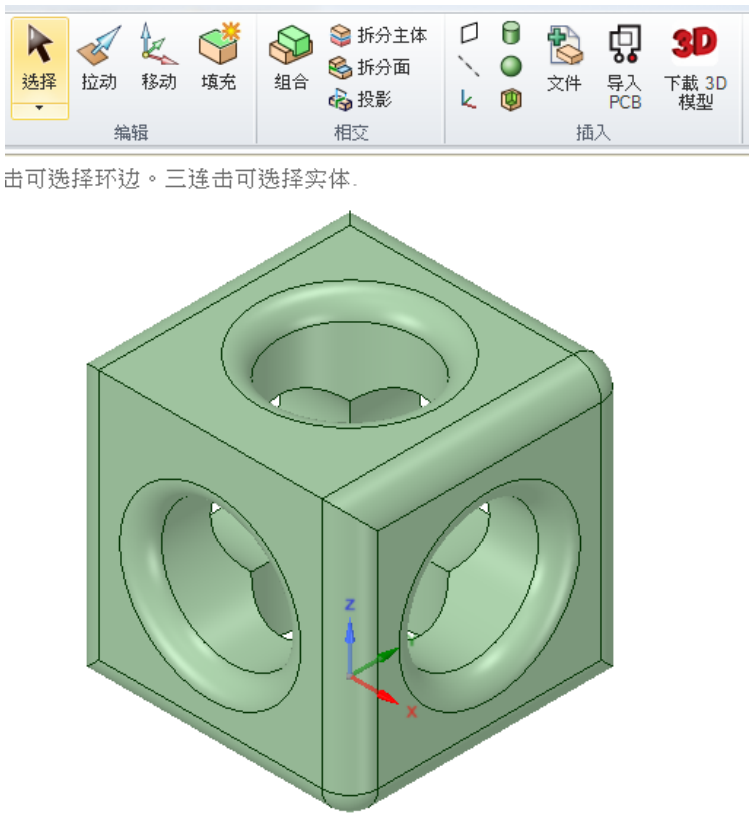


图 6-29 边缘填充

步骤 7：选择立方体中洞的边缘，**选择项目**中选择**具有相同面积的面**，并按下 Enter 键填充倒角。

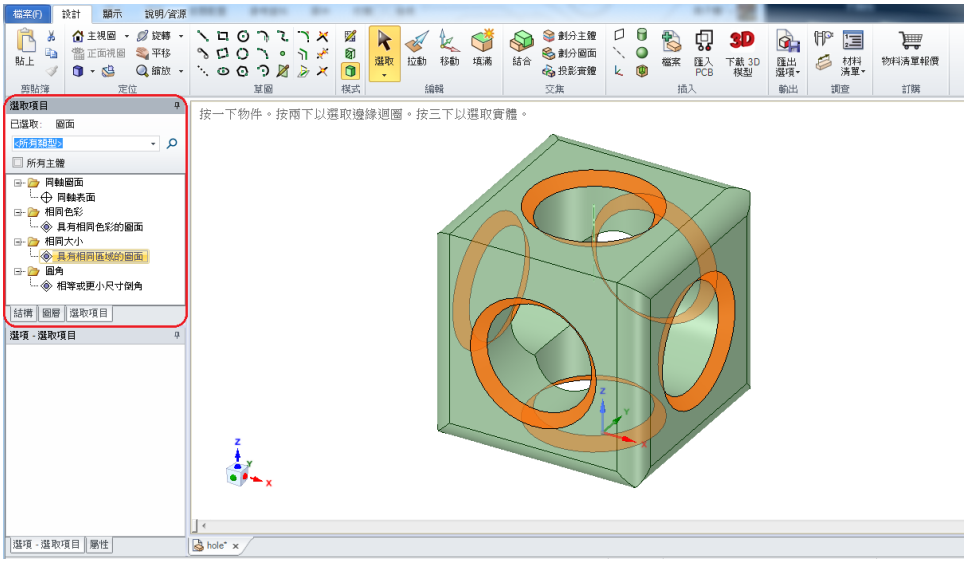


图 6-30 倒角

步骤 8：完成图。

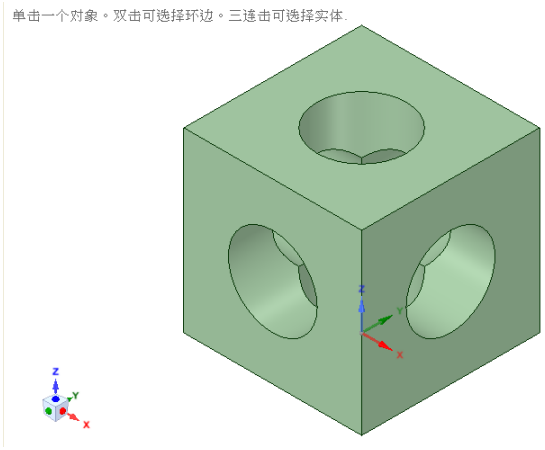


图 6-31 填满完成

6-6 总结

所有的专题不外乎都是从一个简单的立方体开始去做切割或者是延伸等等。在本章中，我们从简单的立方体绘制开始，到一些基本的指令如移动、圆角、组合等功能都做了些应用。如果能善用这些基本功能，相信您的绘图实力一定会大大提升。

第七章

进阶建模

本章节将透过几个范例搭配常用指令，让您能够深入了解 DesignSpark Mechanical 中诸多指令的使用方式及时机。藉由绘制茶杯与螺丝，您会更清楚复杂构面的产生方式。

7-1 茶杯绘制

步骤 1: 开启一个新的设计，点击**平面图**，开始绘制。

步骤 2: 绘制茶杯侧面图。

点选草图中的线条，将茶杯侧面平面图画出，长、宽并没有限制，可以依据您个人喜好来设计，也可以在边缘绘制一些图形。

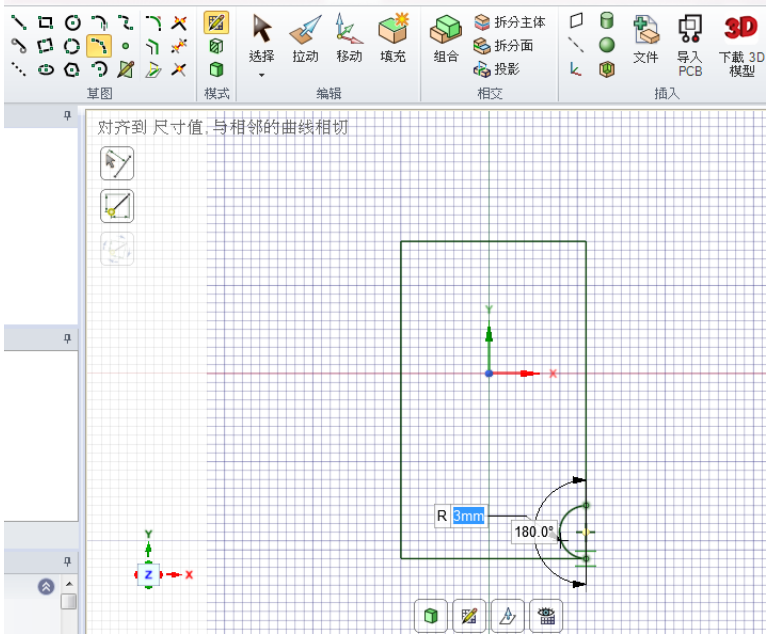


图 7-1 绘制杯子轮廓

点选草图中的**三点弧**，在茶杯底部画出一个半圆形。先点选半圆的两端，再选择圆弧的角度，我们会用这个形状来扫出茶杯主体。

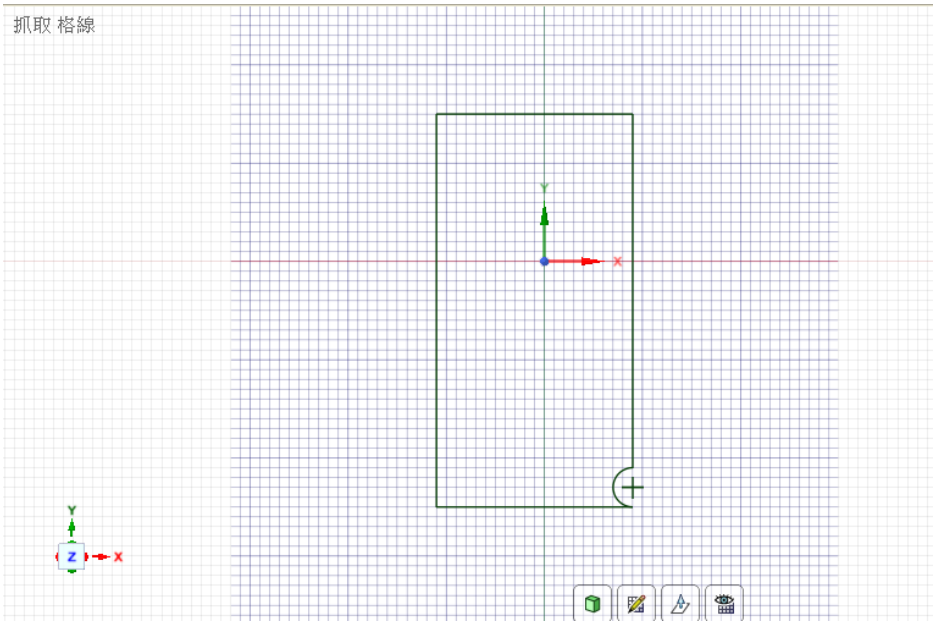


图 7-2 三点弧

步骤 3： 绘制茶杯主体。

选择**回位**，点选编辑中的**拉动**，在绘图区中选择**旋转**，并点选旋转中心轴，沿着箭头箭头将平面旋转一圈，即可绘出茶杯主体。

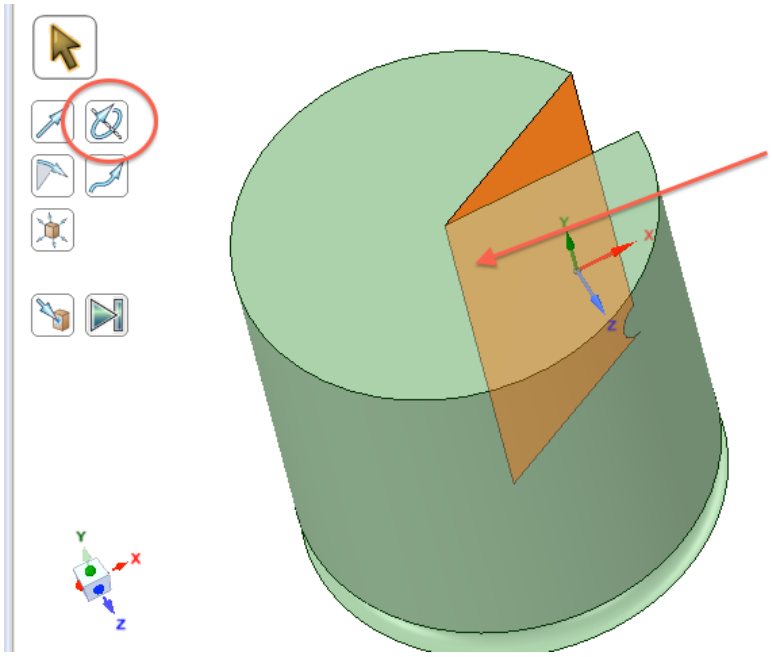


图 7-3 拉动旋转

步骤 4： 画出茶杯厚度。

点击编辑中的**拉动**，点击茶杯顶部边缘，选择**复制边**，沿着箭头向内拉动，依照您所希望的杯子厚度去设计。拉动完或输入数值后，按下 Enter 键，此时我们可以在茶杯顶部看到一个圆形线条。

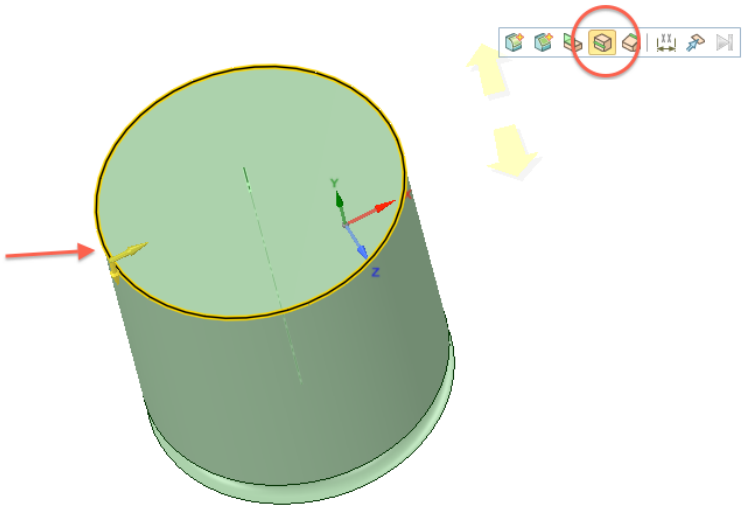


图 7-4 复制边缘

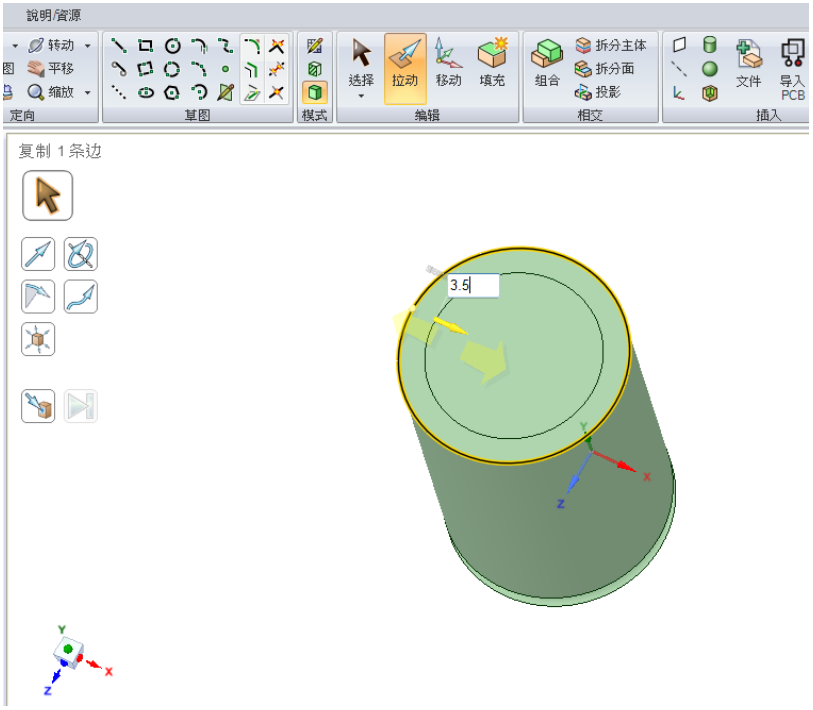


图 7-5 调整厚度

步骤 5： 建立茶杯内部空间。

点选编辑下的**拉动**，点选刚刚所画出的圆，沿着箭头向茶杯下方拉动，此为茶杯深度，可以依照您的需求自行调整，调整到适当位置时，按下 Enter 键。

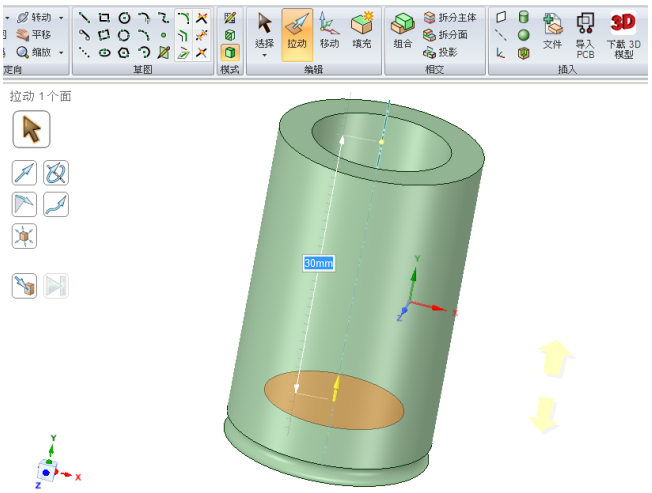


图 7-6 向下拉出茶杯空间

步骤 6: 将茶杯向外展开。

点选编辑中的**移动**，对着茶杯顶部外缘点击左键，此时右上方会出现选单，请选择**旋转边**，此时边缘会出现黄色箭头。我们可以沿着黄色箭头方向将茶杯边缘向外拉展，如果黄色箭头所指的方向不是我们希望的方向，可以再点击一次**旋转边**来改变方向。

向外拉展时，建议直接输入理想的数值，待会在拉展内圈时，会较为方便，不然可能会让杯子的厚度不一致。

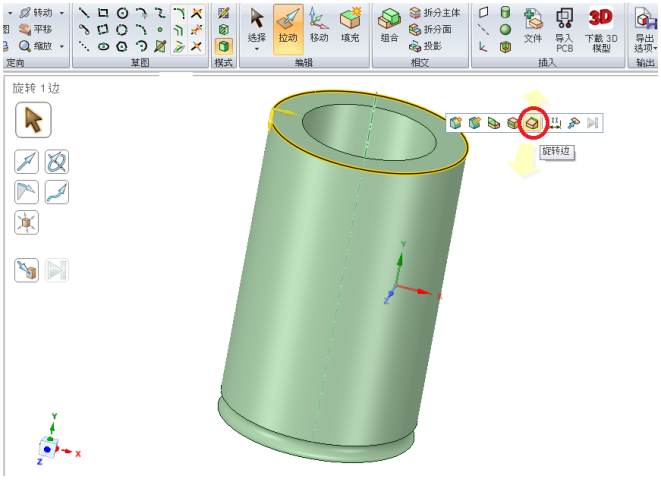


图 7-7 选择旋转边

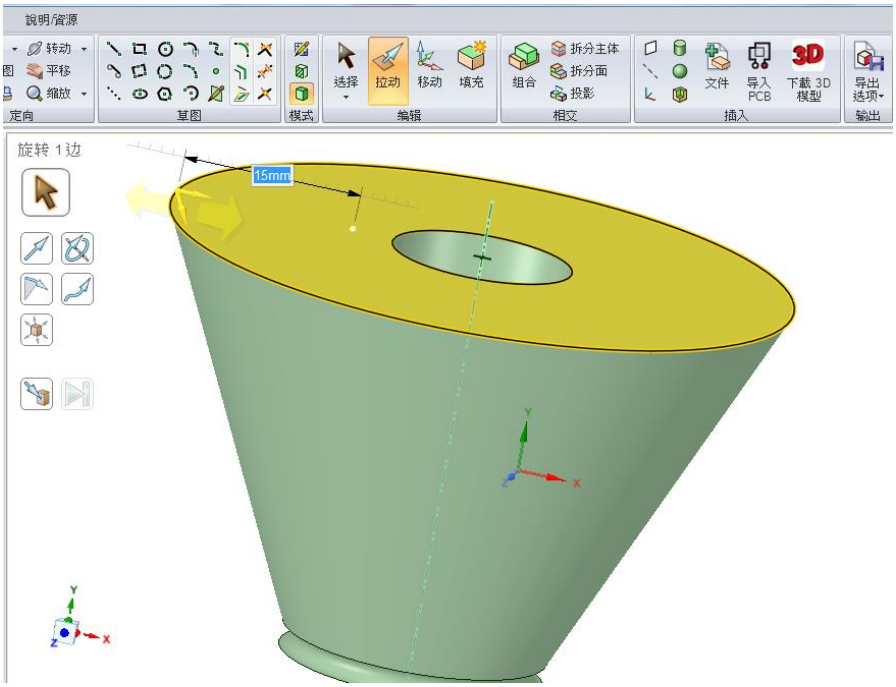


图 7-8 向外拉动外侧边缘

步骤 7: 拉展内部边缘。

与步骤 6 相同，点选编辑中的**移动**，选择**旋转边**，我们可以沿着黄色箭头方向，将茶杯边缘向外拉展，并输入刚刚外围向外拉展的数值，让杯壁可以平均的向外伸展。

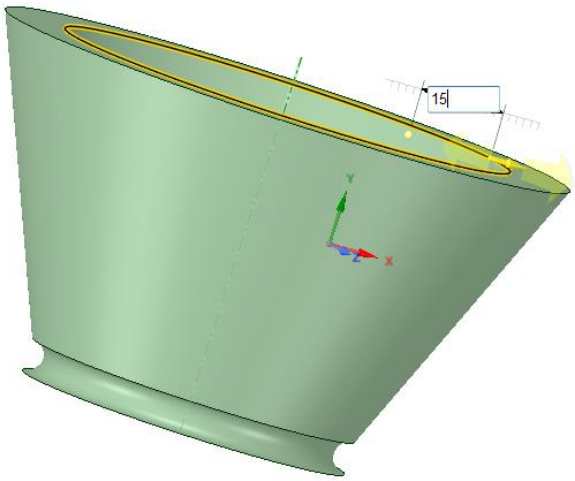


图 7-9 拉动内部边缘

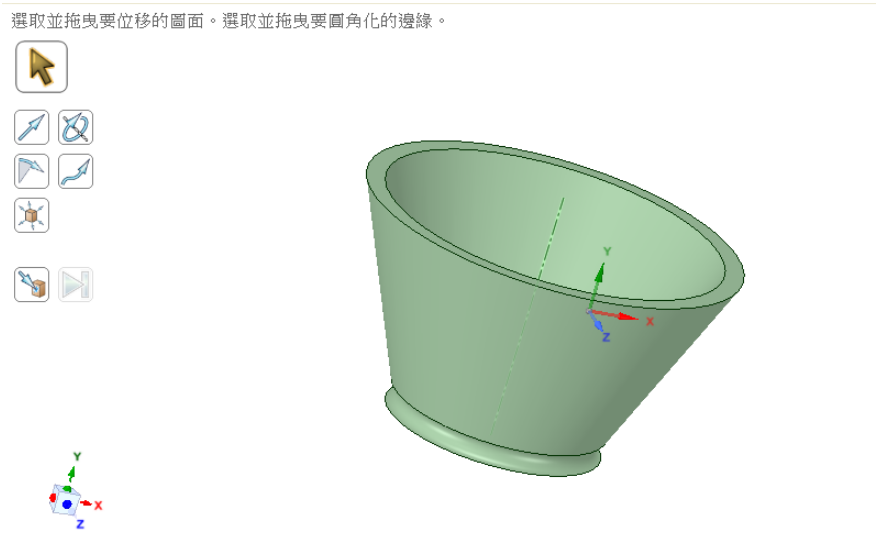


图 7-10 拉动完成

步骤 8: 绘制手把线条。

首先我们要先调成平面图(或许您的正面视图与本书范例的不相同，您只需要将视图调整到方便在侧面画线条的即可)。点选草图中的**样条曲线**，在内壁线条选择两个适当位置，画出一个曲线，最后按下 Enter 键。

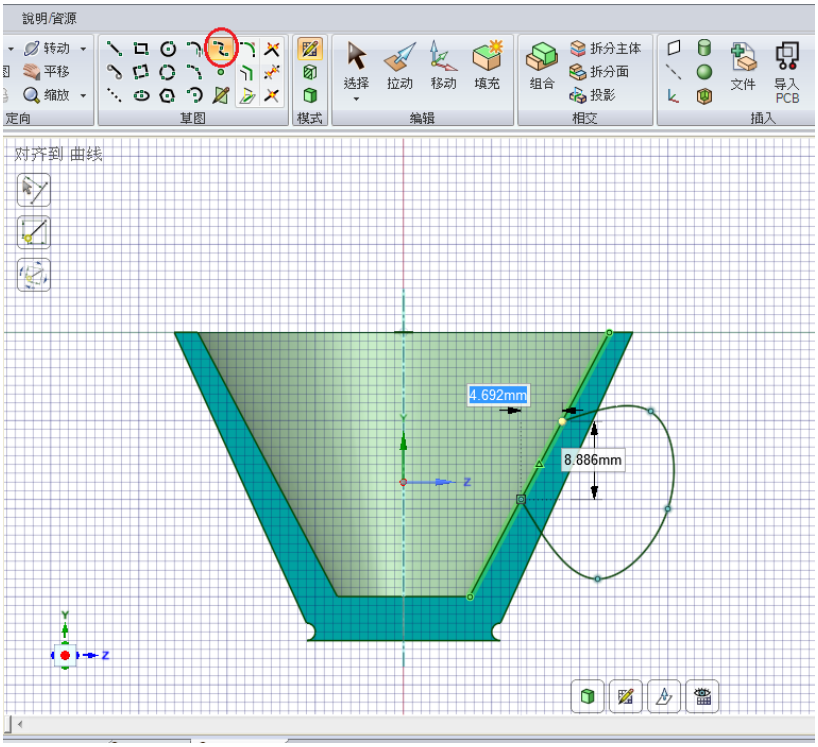


图 7-11 手把曲线

步骤 9：插入平面。

我们可以依据所选的对象来建立平面，以便绘制图形，点选**插入**中的**平面**，再点选杯子内壁及手把的交叉点，此时会在两者交界处产生一个平面。

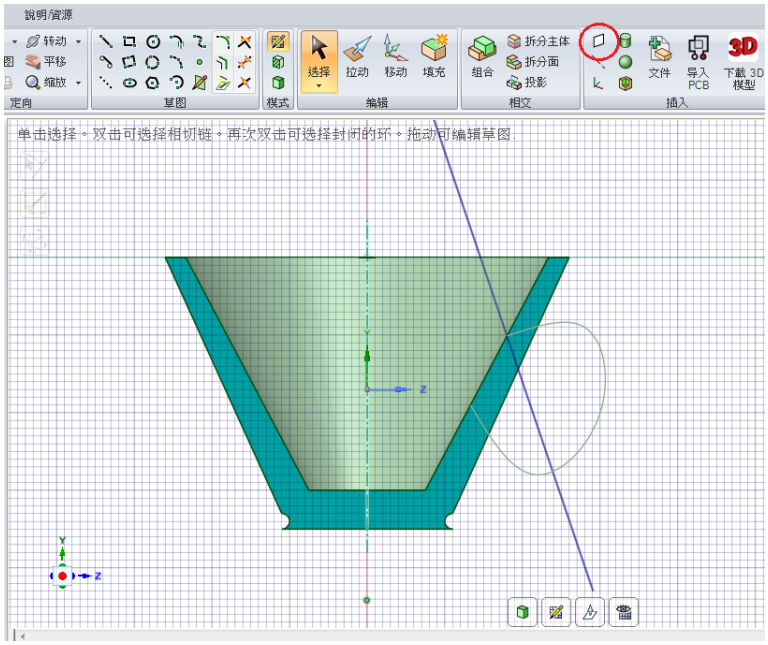


图 7-12 建立辅助平面

步骤 10：取消不必要的勾选。

为了能够方便绘图，我们可以先将结构中的平面及手把线条留下，其余都先取消勾选，并且将画面调整至方便绘制的角度。

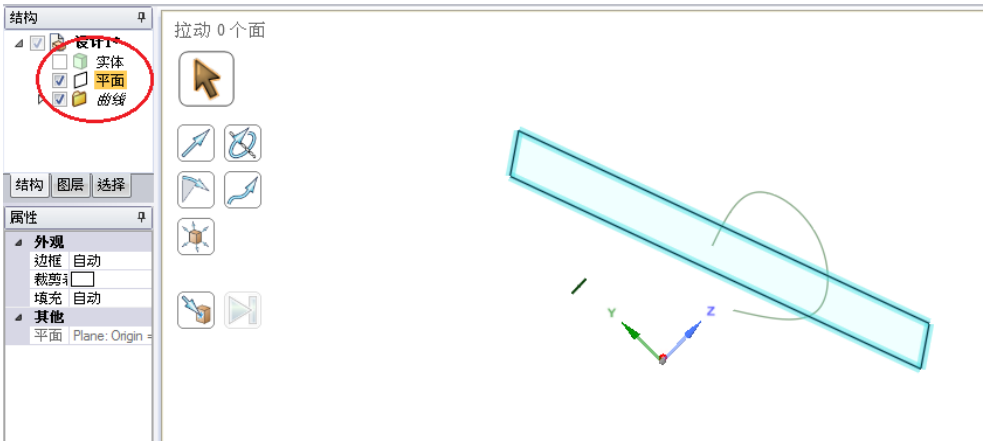


图 7-13 取消不必要的勾选

点选草图中的**圆**，在线条的底端画一个半径约 1-2 公分的圆。

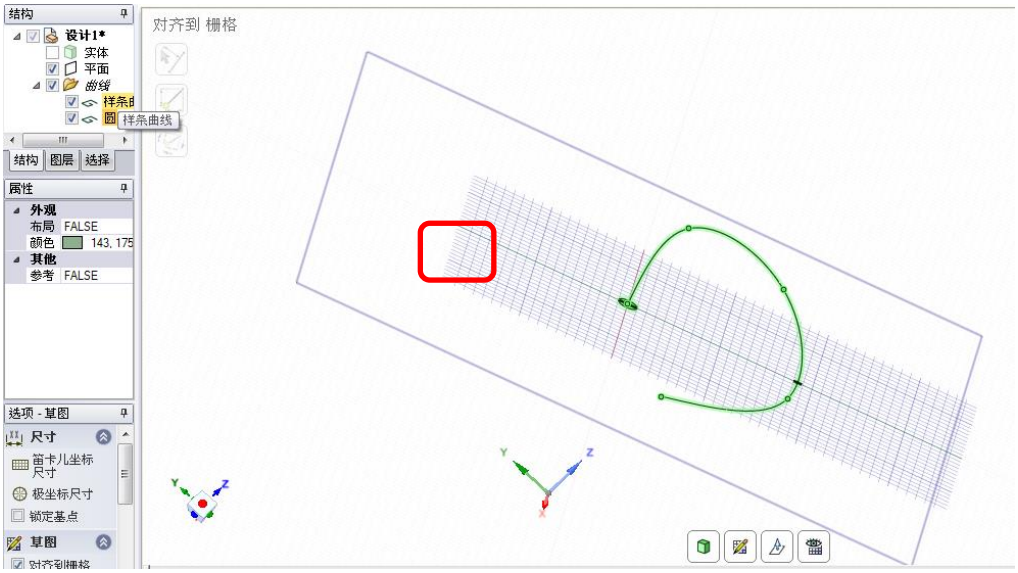


图 7-14 绘制圆形

步骤 11：扫掠。

接下来我们要透过圆形及曲线将杯子手把绘制出来，点选**拉动**，并点选绘图区左方的**扫掠**，扫掠指令会沿着指定路径延伸轮廓或造型来建立实体或曲面。因此点了**扫掠**后，点选左方**结构**中的圆形表面，再点选要扫掠的线条（杯子手把线条），并延着箭头扫掠出手把实体或直接点选绘图区左方的**完全拉动**。

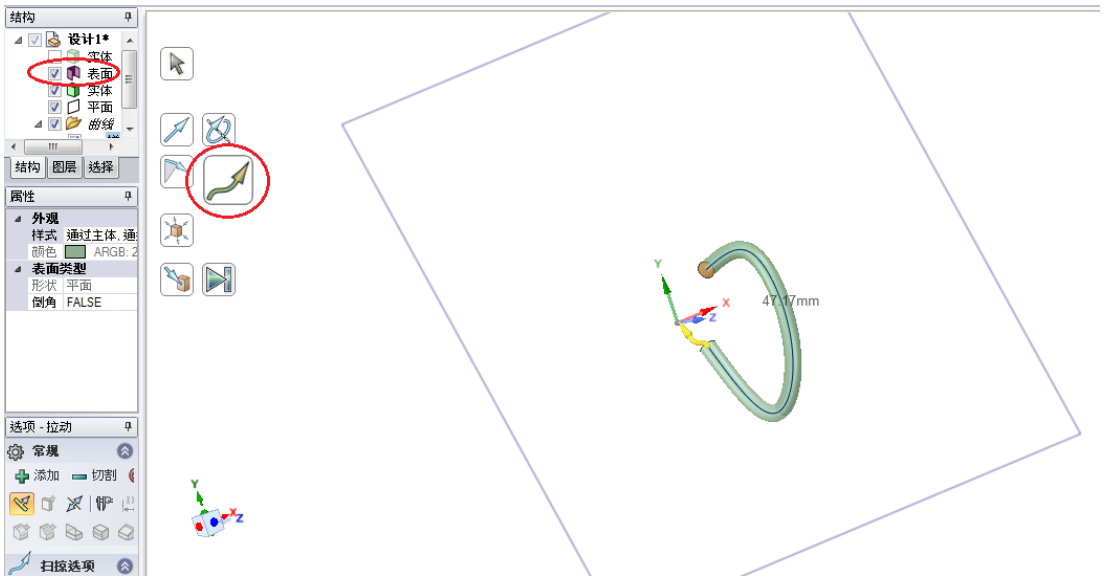


图 7-15 扫掠

扫掠完成后在结构中将其他的对象打开，请稍微移动一下画面，检查是否有扫掠成功。

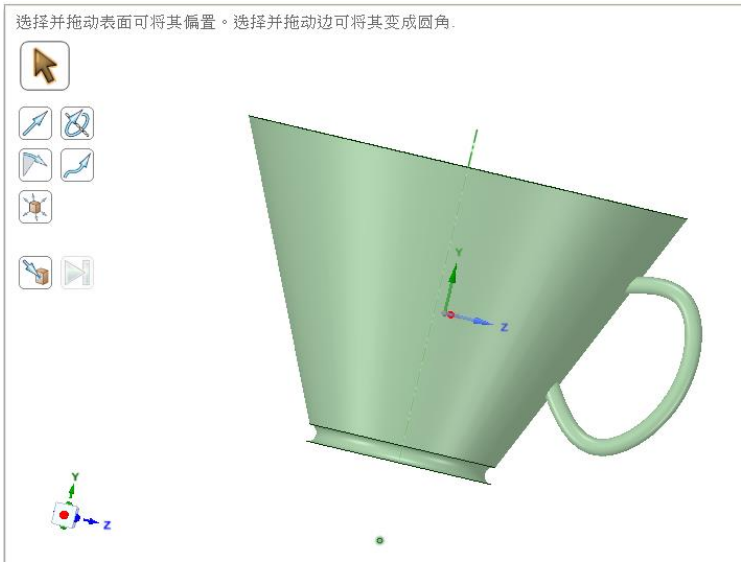


图 7-16 扫掠完成

步骤 12: 杯口圆角。

点选**拉动**，并按下 Ctrl 键，选取杯子顶部的两个圆形线条（内圈及外圈），再点选画面左方**拉动**模式下的**圆角**，沿着箭头向外拉动，直到两边互相接触即可。

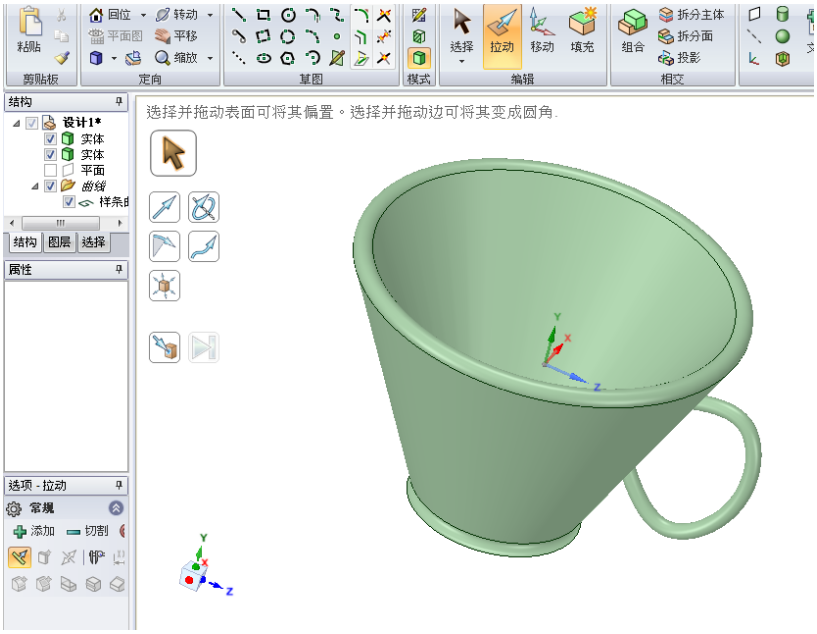


图 7-17 杯口圆角

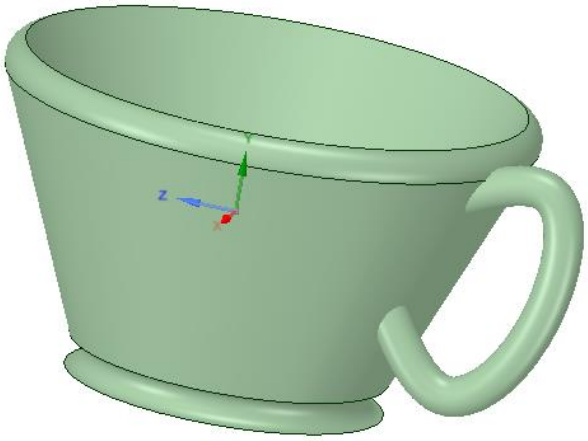


图 7-18 完成图

步骤 13：最后点选**显示**下的**边**，将**相切**及**实体**取消勾选，即可完成。

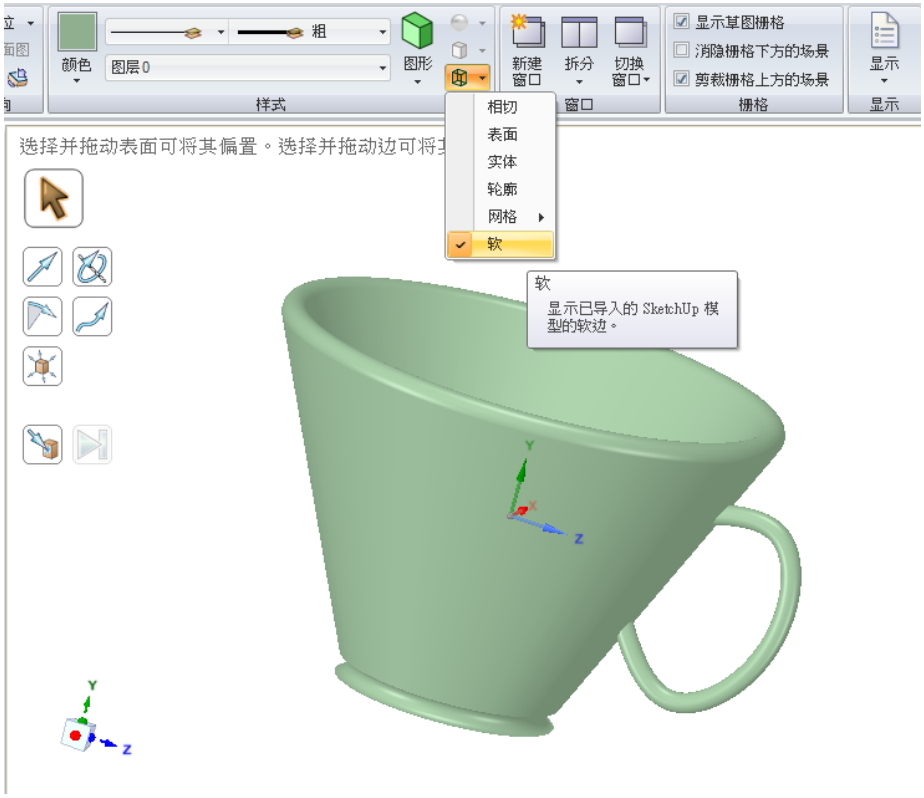


图 7-19 勾选取消显示

7-2 M8 螺丝

在组装各种零件的过程中，螺丝与螺帽是不可或缺的重要零件，而在 DesignSpark Mechanical 中绘制螺丝并不难。DesignSpark Mechanical 中提供了一些方便的工具让我们能够轻易的绘图，本节将会教导各位如何画一个 M8 螺丝。

步骤 1: 建立圆柱体。

首先，绘制一个直径 8mm 长度 11mm 的圆柱体，当做螺丝的下半部。

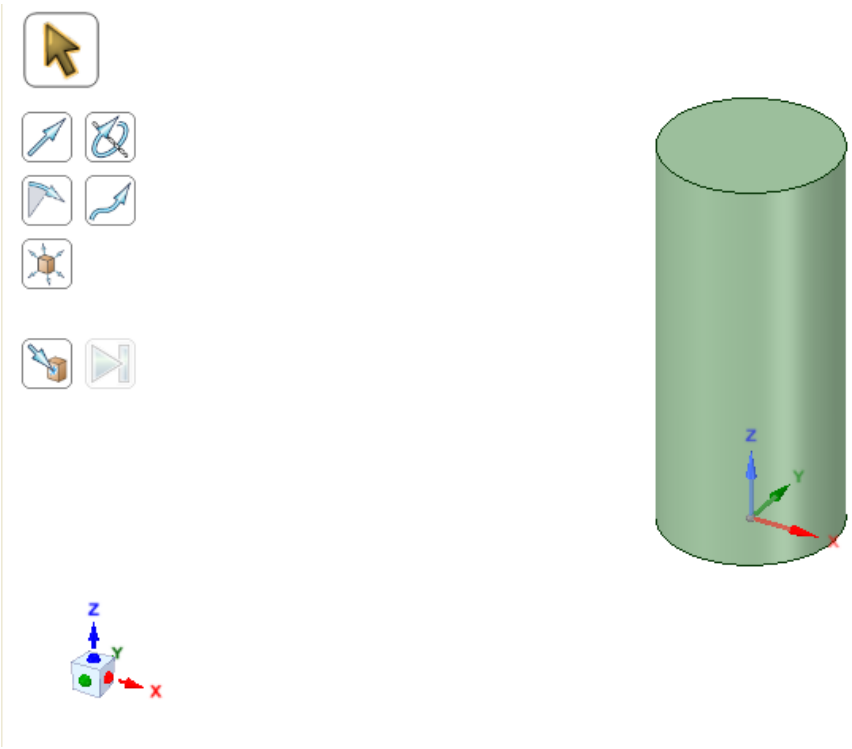


图 7-20 绘制圆柱体

步骤 2: 剖面模式。

为了能够快速地画出螺纹，可以将视角切换为圆柱体的剖面图。先点选圆柱的中心线后，选择绘图区左下方的三轴指标，点选适当的轴系当做剖面的平面，再点选**模式**下的**剖面**模式即可。

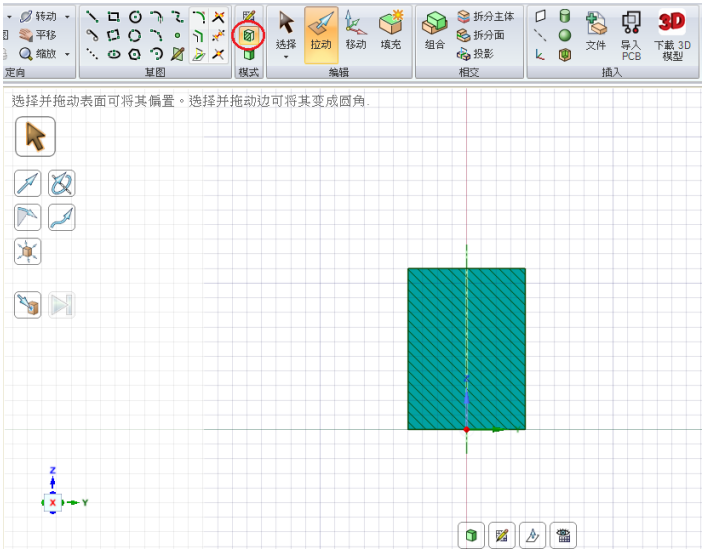


图 7-21 剖面模式

步骤 3: 螺纹图。

在圆柱内的平面顶端画出一个边长为 1.24mm 的正三角形（M8 螺丝的螺距为 1.25mm，但因为边长为 1.25 的正三角形没办法拉动螺旋，因此画出一个小于 1.25mm 边长的即可。)

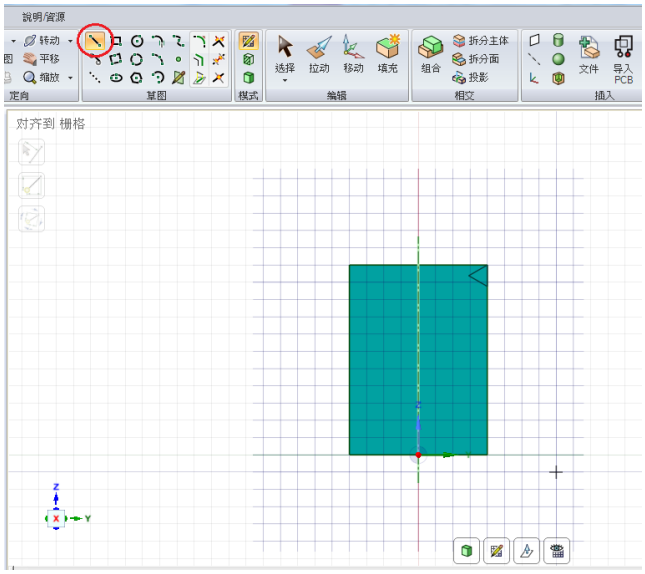


图 7-22 螺纹图

步骤 4: 设定螺旋拉动。

在剖面图画出正三角形后，点选模式中的 **3D 模式**将视角转为立体图，接着我们将要透过刚刚画的正三角形来切割螺纹。

点选编辑中**拉动**指令，再点选左方结构树中刚刚所画的表面，选择完要执行的对象后，在绘图区左方点选**旋转**功能，再点选圆柱中线当做旋转中心轴，此时左方会多出现旋转选项，我们将**旋转螺旋**选项点选起来，并在上方的拉动选项中勾选**切割**。

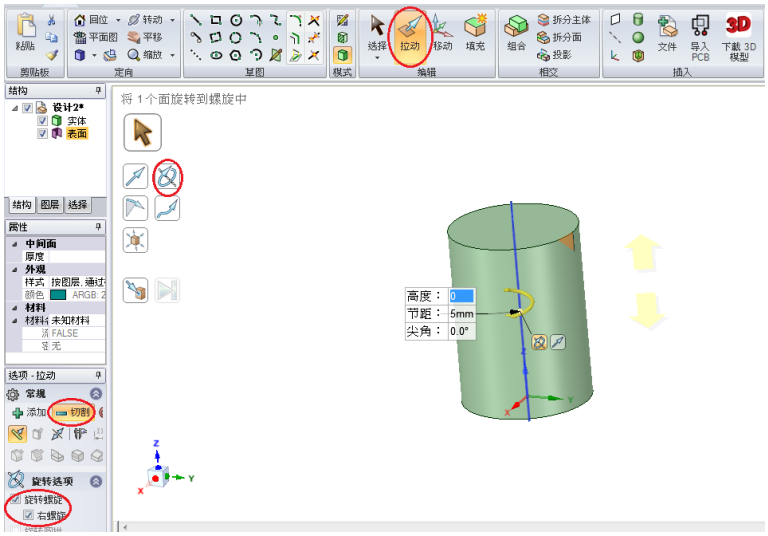


图 7-23 设定螺旋拉动

步骤 5: 拉动螺旋。

设定完后，我们会在圆柱体中见看到一个螺旋的箭头及一个方框，方框内节距改成 1.25mm 后，对圆柱点击左键并向下拉动，直到整个圆柱体全部被切割。

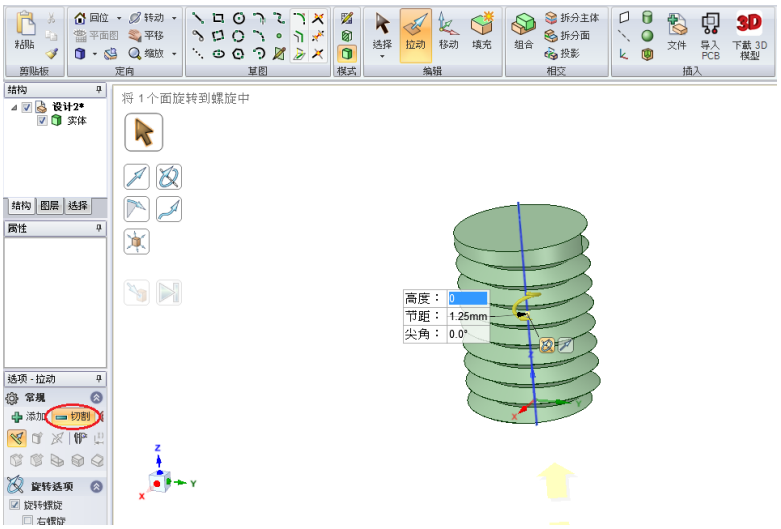


图 7-24 拉动螺旋

步骤 6: 草图模式。

我们要在圆柱顶部画出一个螺丝头，因此需要在圆柱顶端设定一个草图平面，以便画图。首先选择**编辑**中的**选择**功能，点选圆柱顶端，再点选**模式**中的**草图模式**，此时会自动在所选取的平面上出现一个草图网格。

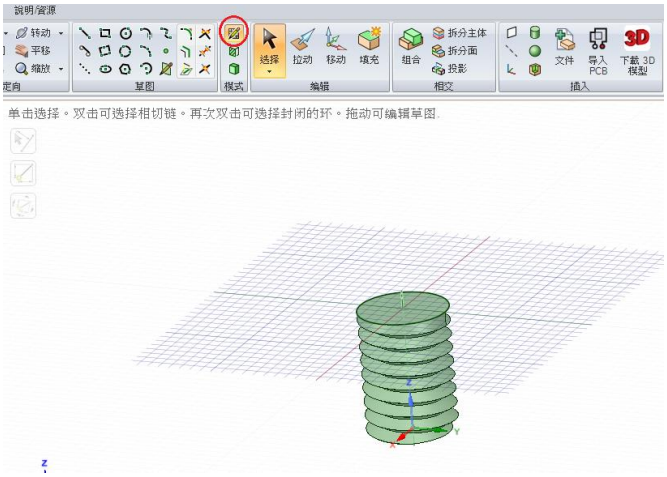


图 7-25 草图模式

步骤 7: 画出圆柱体。

有了草图平面后，点选**草图**中的**圆**，以圆柱中点为圆心，画出一个直径为 14mm 的圆。

画出圆后，图形上会出现两个圆（外圆及内圆），但我们需要同时间将两个圆拉动，成为圆柱体。因此点击其中一圆后，按着 Ctrl 键，并将另一圆同时选取，接着点选**编辑**中的**拉动**，将两圆向上拉动 5.2mm。

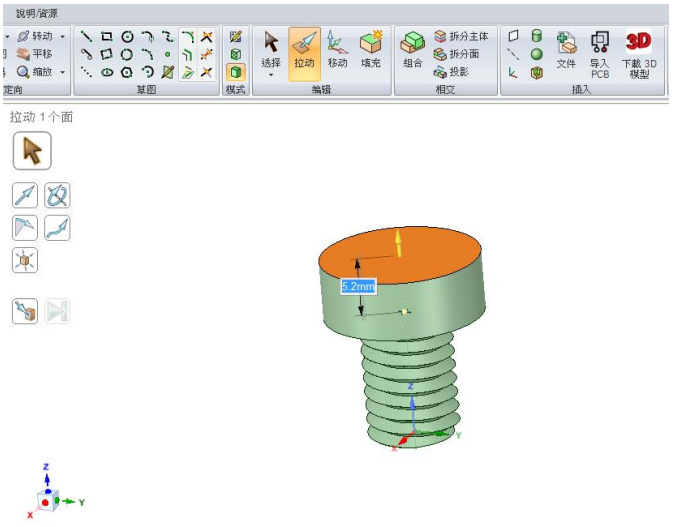


图 7-26 画出圆柱体

步骤 9: 十字图。

与画螺丝头圆柱体相同，我们要先在顶面创造出一个草图平面以便绘图，接着点选**编辑**中的**选择**指令，点选圆柱体顶面后，点选**模式**中的**草图模式**。

在顶面呼叫出草图平面后，选择**草图**中的**矩形**，在顶面画出两个适当大小的矩形。

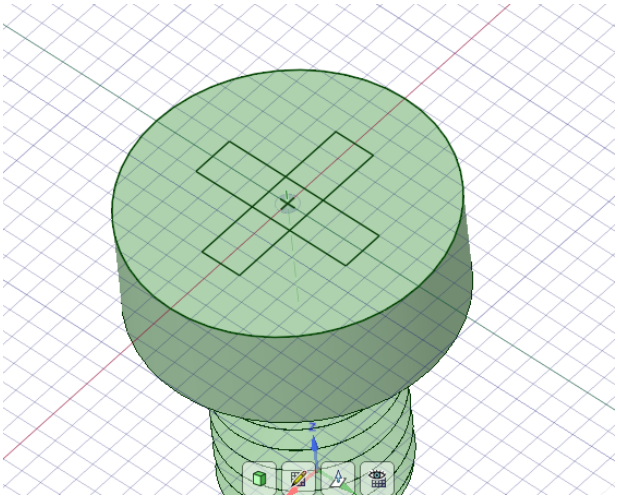


图 7-27 十字图

步骤 10: 十字凹槽。

我们要拉动由两个矩形所结合成的十字形表面来切割圆柱体，因此在拉动前要先将交叉的线条先删除，点击**草图**中的**剪掉**再点击要删除的线条，让它变成一个完整的十字平面。

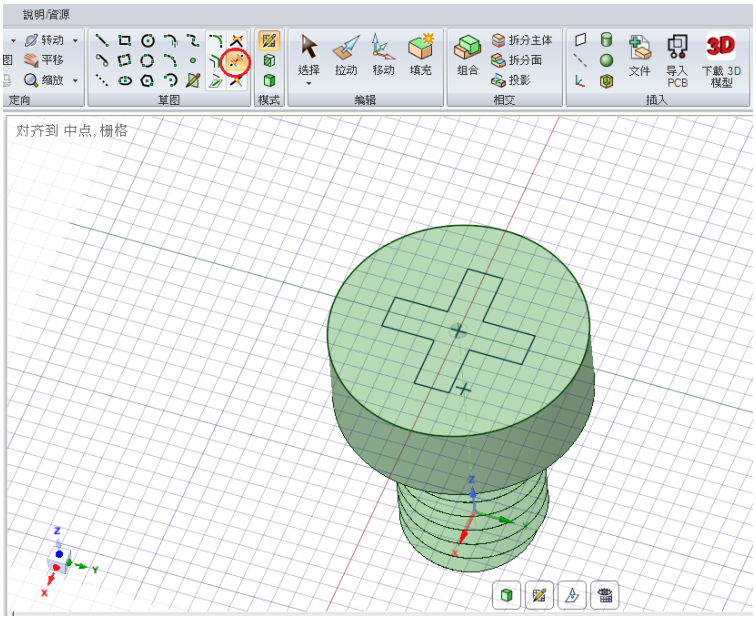


图 7-28 畫出十字凹槽

删除多余的线条后，点选**编辑**中的**拉动**选项，将十字表面向下拉动，将圆柱体切割出一个十字凹槽。

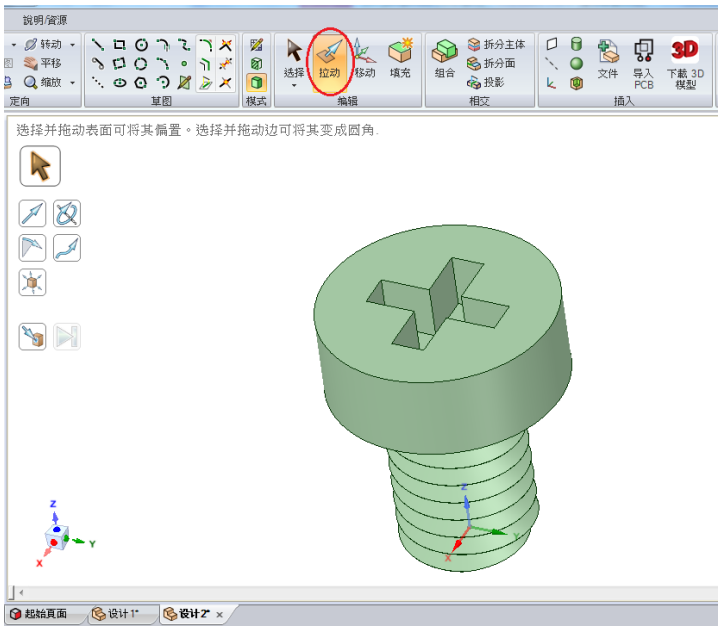


图 7-29 往下拉动，产生十字凹槽

步骤 11: 圆角。

最后，延续上一步拉动功能，点选螺丝头顶部边缘，沿着箭头方向拉动进行圆角动作。

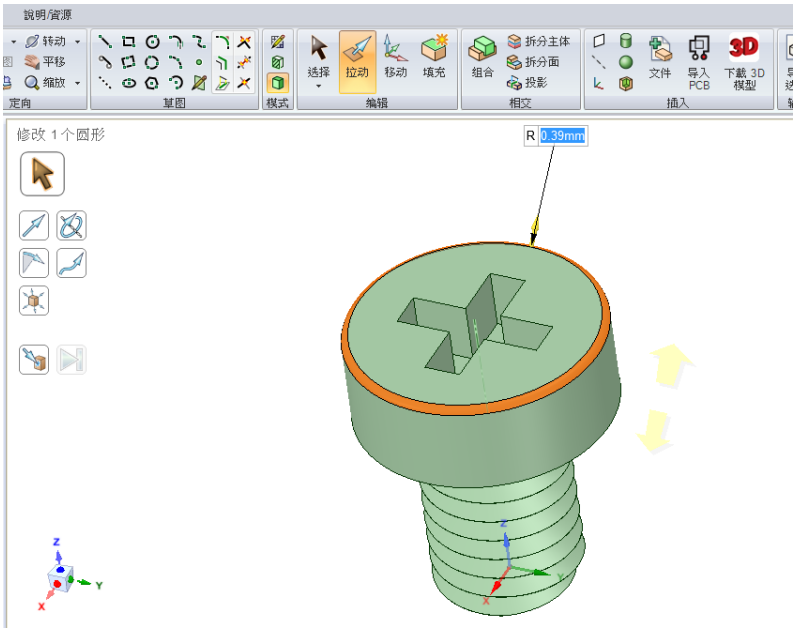


图 7-30 对螺丝边缘进行圆角

步骤 12: 完成图。

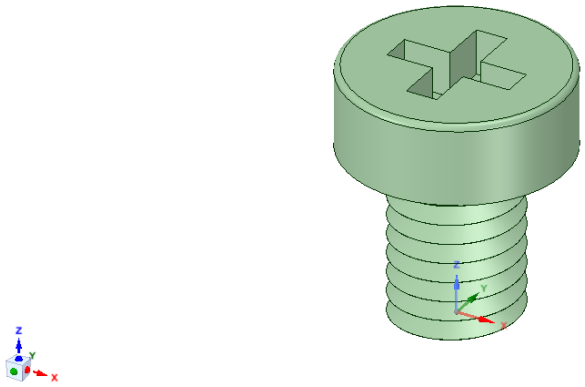


图 7-31 完成图

7-3 总结

透过杯子及螺丝的教学，我们可以了解到一些进阶指令及其应用的方式。期待您在多加练习之后能更得心应手！

第八章

汇入图档与 PCB 档

DesignSpark Mechanical 提供了丰富的在线 3D 图形数据库及用户论坛，我们不需要花大量的时间去重头开始绘图，只需要在线寻找适用的图形，下载后去做修改即可。

此外，我们也可以汇入 PCB 板（可以汇入本书前半部所教的 DesignSpark PCB 来绘制），让我们的专案能够用 DesignSpark Mechanical 完整模拟出来。

8-1 导入格式及方法

DesignSpark Mechanical 主要的格式为.rsdoc 格式。在线 3D 模型数据库可以在 DesignSpark Mechanical 主程序中**插入**工具内的**下载三维模型**找到，点选后会在程序中开启网页。大量现成的零件可以让您更方便快捷地完成产品设计。

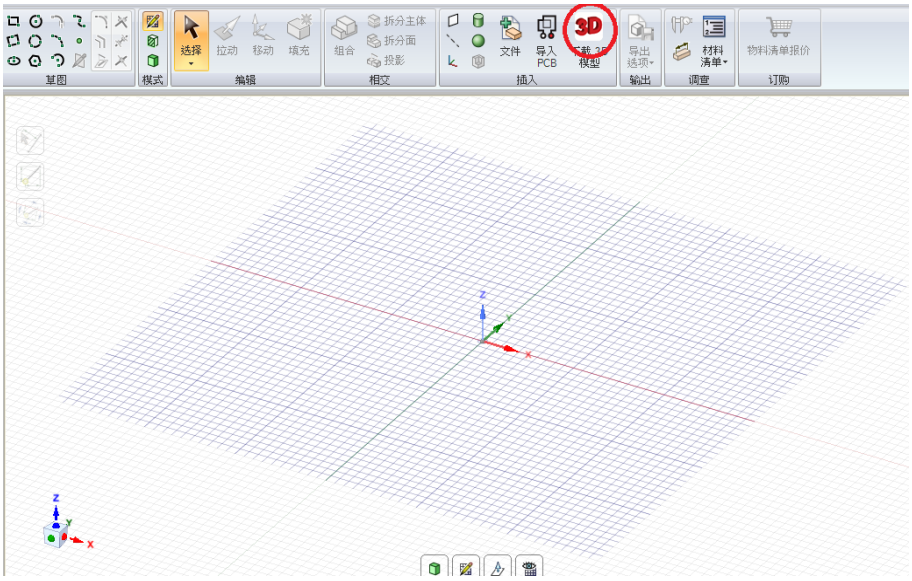


图 8-1 在线 3D 模型库

您可在在线 3D 模型库网页左侧选择需要的产品模型种类，包括各个种类的电子零件、机械零件和线材等都可以在里面找到。您也可以在左方下拉式选单寻找到不同厂商的 3D 模型，亦或是透过画面中间「查询类型」去输入想要的零件名称，来进行搜寻。

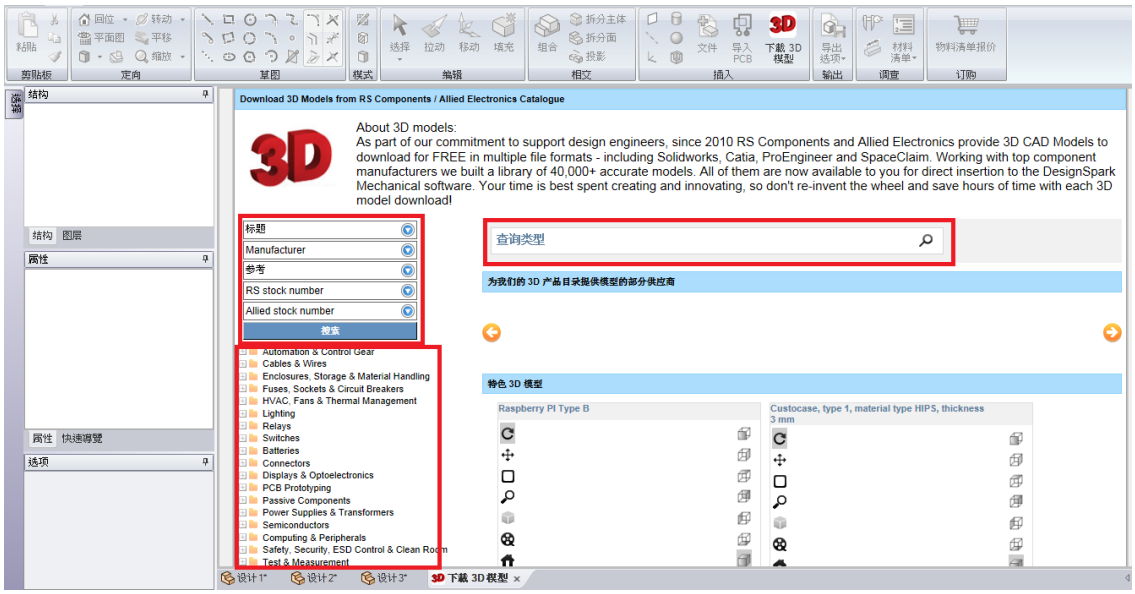


图 8-2 类型查询

选择好 3D 模型后，我们可以点选 **Insert to my Design now**，并选择档案储存位置后直接汇入到现在的设计。另外我们也可以点选 **Download for later use** 来将图形下载（保存）下来。

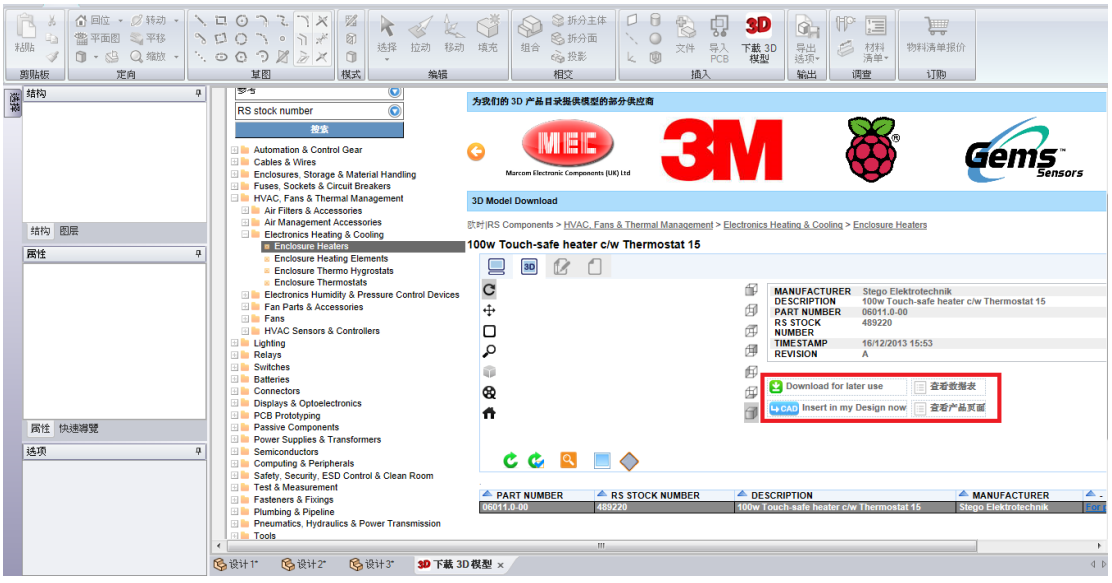


图 8-3 下载文件

如果要将已经下载到计算机或者是先前已经画好的图形档案汇入至程序中时，可以点选**插入**中的**文件**，可以先点选平面来定位插入位置，选择档案位置后，插入图形文件。需要注意的是，若使用此方法汇入的图形被修改时，源文件也会同步被修改，因此如果想要保留原始档的话，建议可以用复制、贴上方式进行汇入。

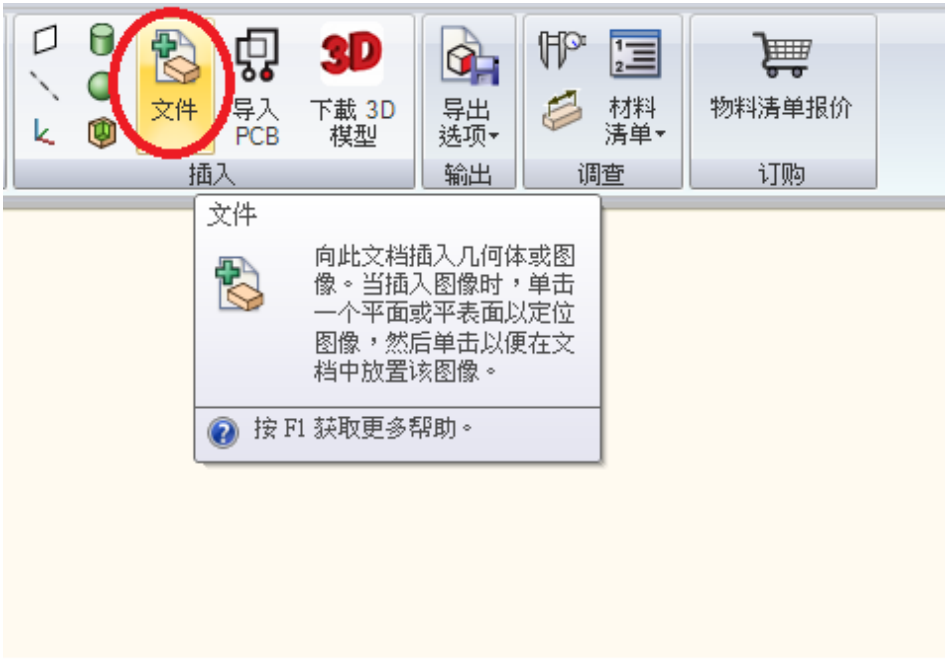


图 8-4 插入档案

此外，DesignSpark Mechanical 也支持透过 SketchUp 所画出来的.skp 档，这种格式在各大绘图论坛很容易搜寻到，导入后也可以在 DesignSpark Mechanical 进行修改。不过由于.skp 的模型性质，它在输入后可能会出现一些刻面在部分框线的表面。如果发生这个问题，可以点击在**文件**下的**选项**，左方档案选项中 **SketchUp** 下，勾选**简化至曲面**选项，应该能解决问题，但有些模型会在勾选此选项后，导致转换变得过分复杂而不容易进行后置处理。

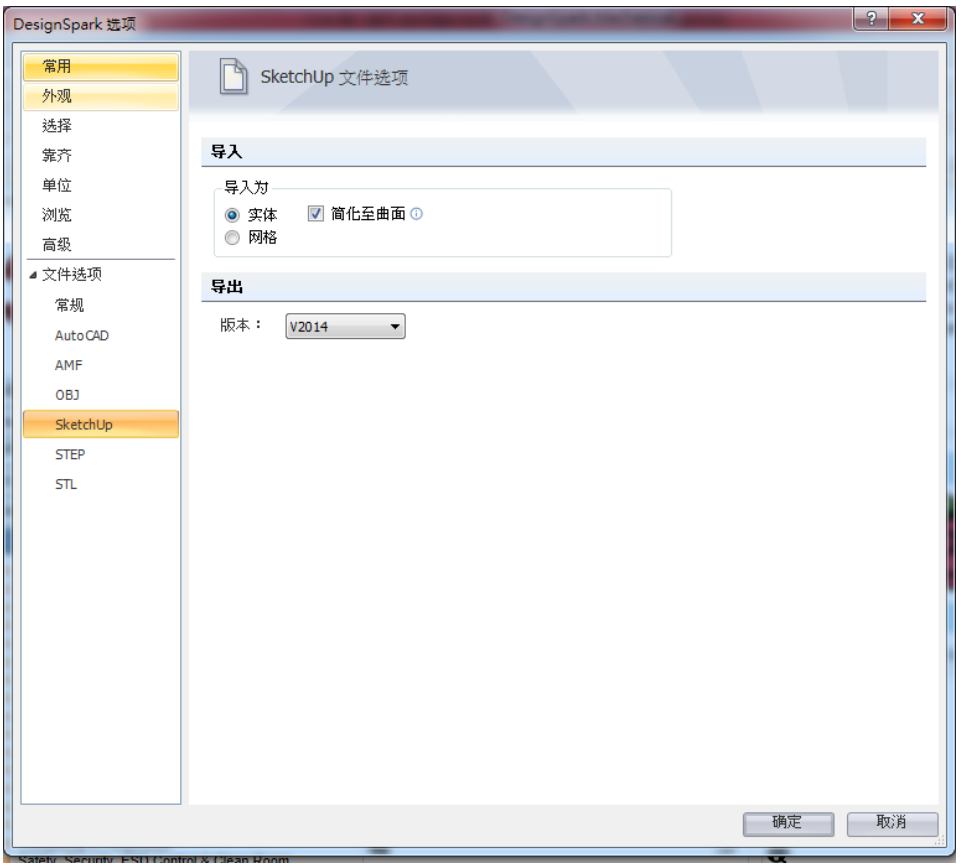


图 8-5 输出.skp 档设定

另一种常见的绘图档.STEP 档也可以导入至 DesignSpark Mechanical 中，但此格式只能以只读的方式在 DesignSpark Mechanical 中使用，换句话说，STEP 档可以导入、保存或布置在设计中，但导入的模型并不能以任何方式做修改。

8-2 组合工具

组合工具主要有两个用途：

1. 使用对象形状来切割另一对象。
2. 合并相邻或重叠的模型成为一个对象。

8-2-1 切割对象

本节将在在线模型库中加载一个对象，透过此对象来切割图形，让我们在输出 DesignSpark Mechanical 所画的图形时，能够与真实的对象结合。

步骤 1：建立长方体。

首先请建立一个长 x 宽 x 高分别为 100mm x 100mm x 3mm 的长方体，您可以参考本书第六章的**基础建模**来画出此长方体。

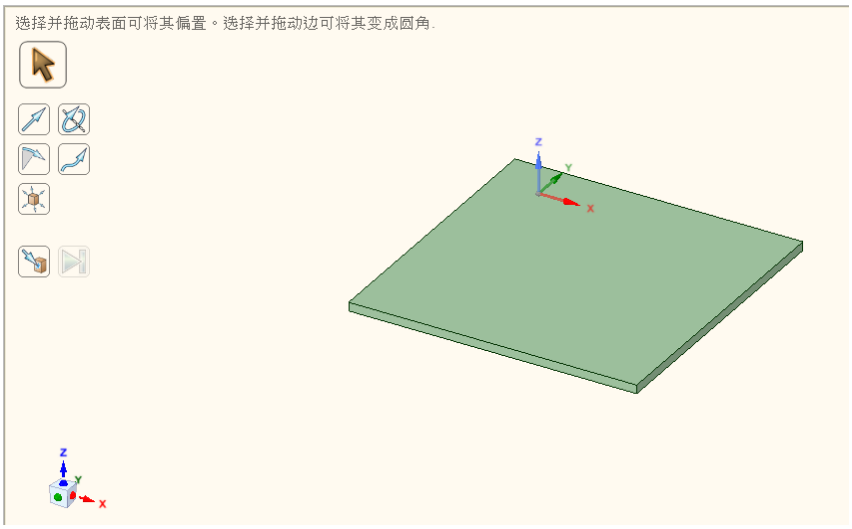


图 8-6 绘制长方体

步骤 2：汇入图形。

点选**插入**中的**下载三维模型**，在左上角的 RS stock number 中输入「5427949」来寻找本次范例的图形：15 WAY PLUG，或者您也可以使用其他图形来做组合练习。

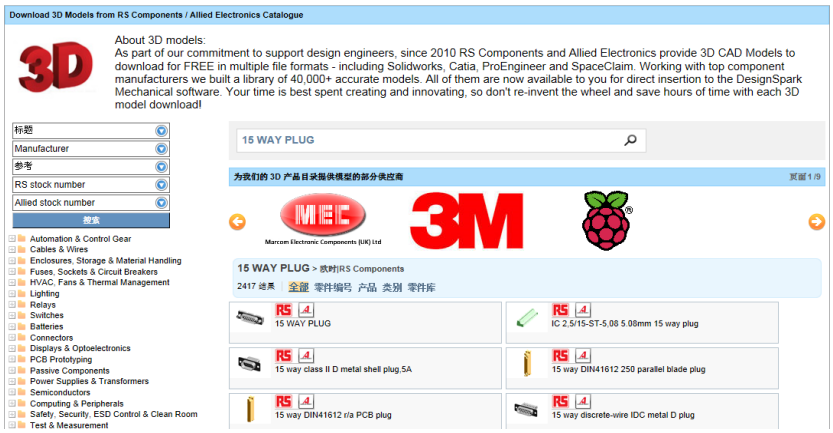


图 8-7 搜寻零件

开启 15 WAY PLUG 连接器模型页面后，可以依据本书 4-1 节所说的方式汇入 DesignSpark Mechanical。

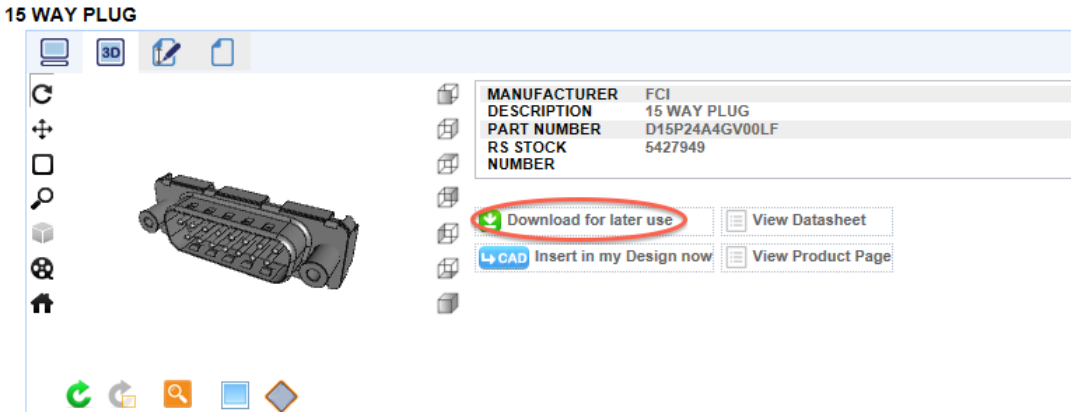


图 8-8 下载零件

步骤 3：调整位置。

汇入模型后，使用**编辑**下的**移动**指令，调整连接器的位置及方向，让连接器位于长方体的上方，并且连接器母头是朝向下面对着长方体。

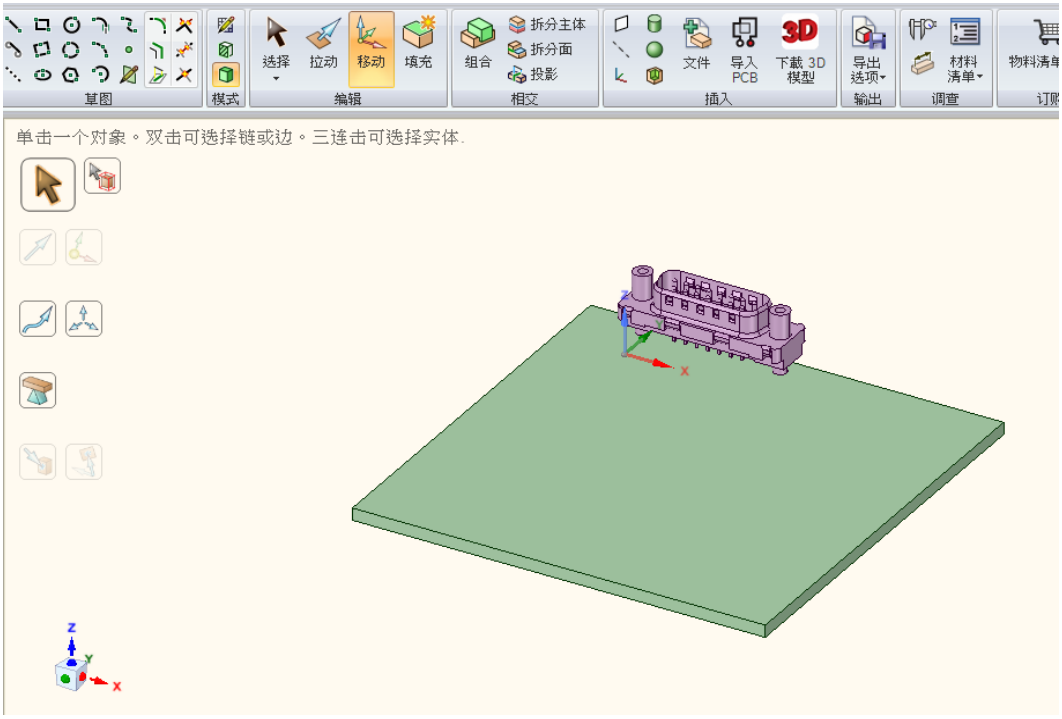


图 8-9 位置调整

步骤 4：锚定功能。

对着连接器连点左键三下将它全部选取，并按 Z 键将所选取项目放大，选取**编辑**中的**移动**功能，并在设计窗口左方点选**定位**功能，此时我们需要点选一个面来当做定位（移动锚）的基准面，请对着连接器内里表面（图中棕色那面）点击左键，移动锚便会放置在那表面上。

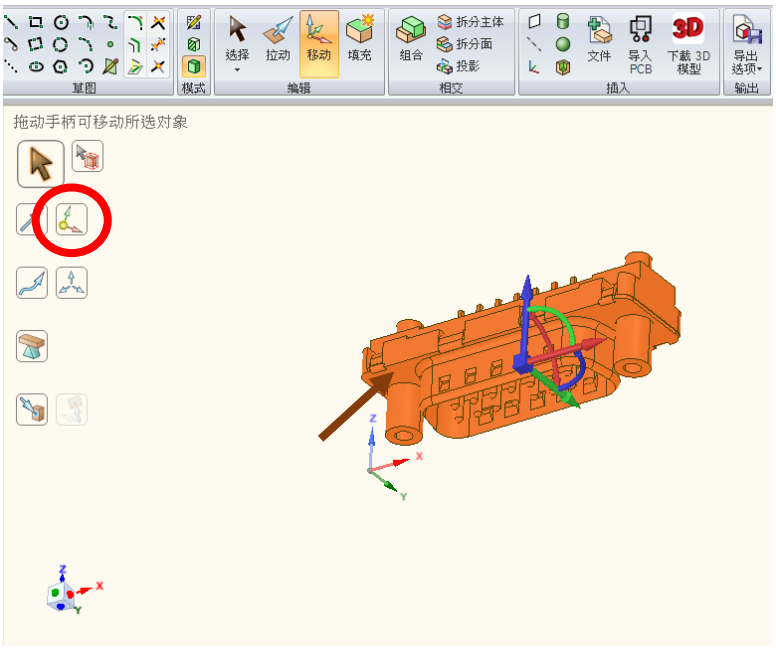


图 8-10 锚定功能

步骤 5：连接器对准表面。

将移动锚移动至基准面后，点选左方的**直到**功能，再点选长方体的外侧表面。连接器的表面（基准面）便会移动至长方体表面，接着鼠标点击空白表面，结束移动操作。

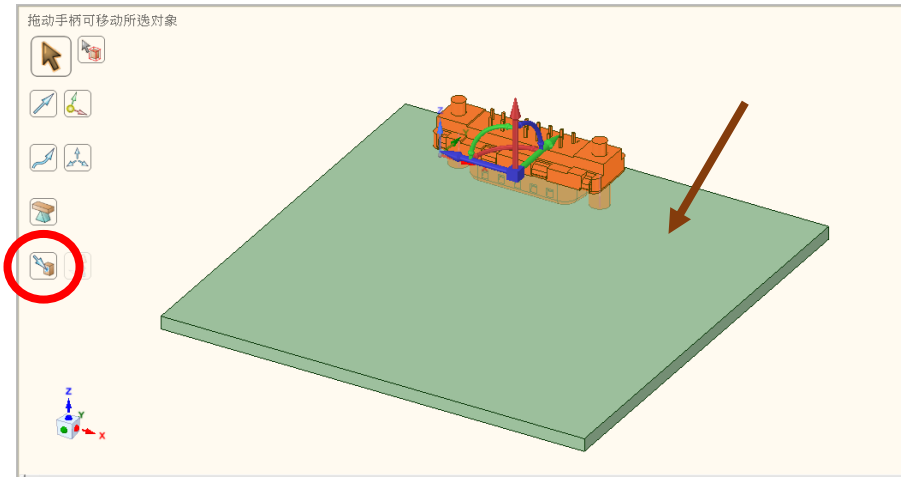


图 8-11 直到功能

步骤 6：切割（刀具）。

选取**相交**中的**组合**功能，首先点选长方体做为目标对象，再点选连接器作为切割对象。

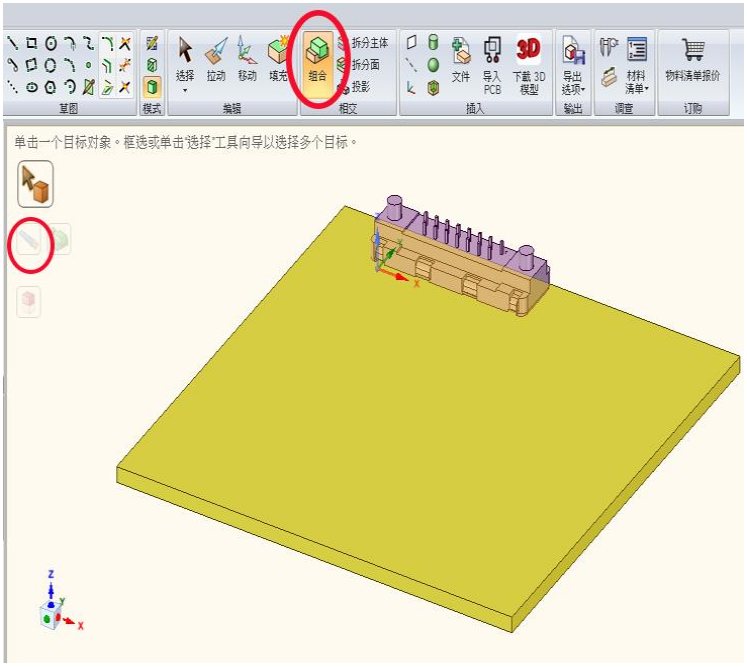


图 8-12 切割（刀具）

步骤 7：确认切割。

这时结构树中会多出很多实体对象，这些都是外侧的隔板，它们是被连接器切割出来的新实体。请将结构树向下拉动，将 7156 对象旁的方框取消勾选，让此对象在画面上隐藏，此时我们可以确认长方体上是否有被切出连接器的形状。

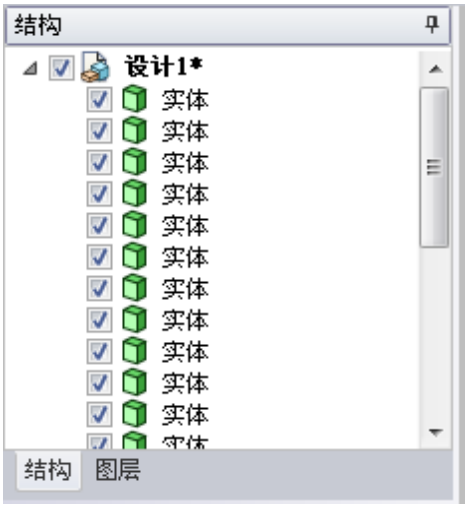


图 8-13 取消勾选

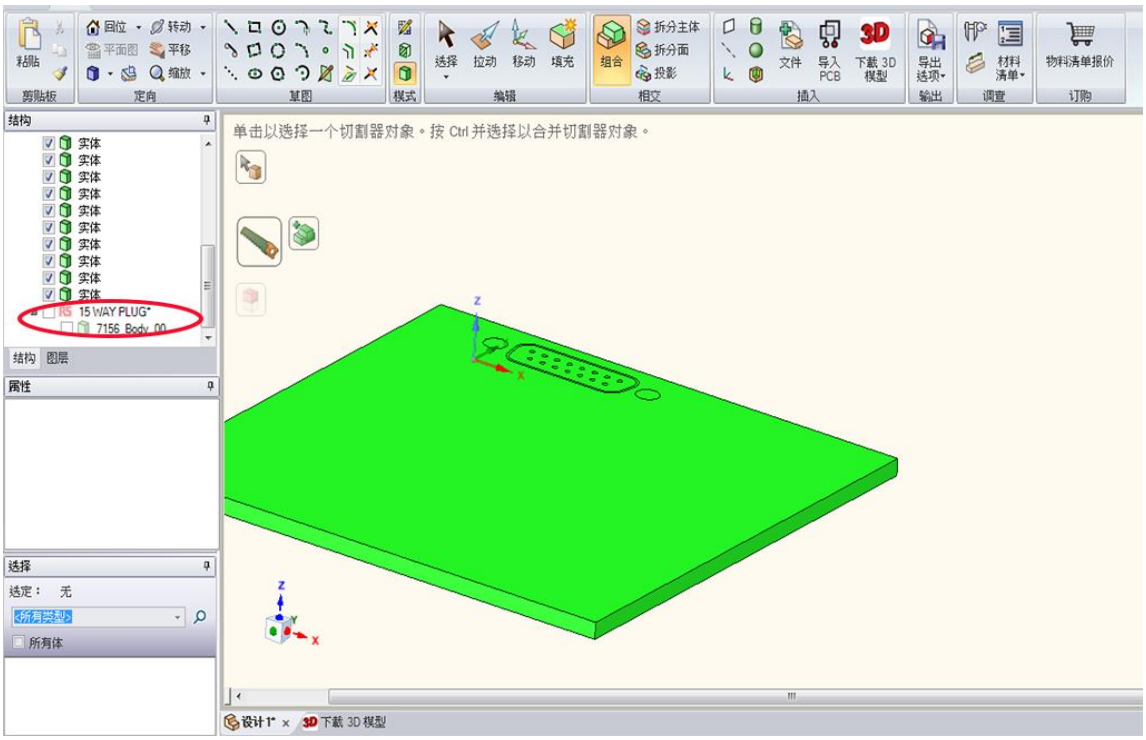


图 8-14 确认切割

步骤 8：删除切割后图形。

当仍然在结合模式中，拉动一个选择框，把连接器外壳建立的线条框选住，并删除，您会发现结构树中只剩下两个对象，此时便可点击空白处结束组合操作。

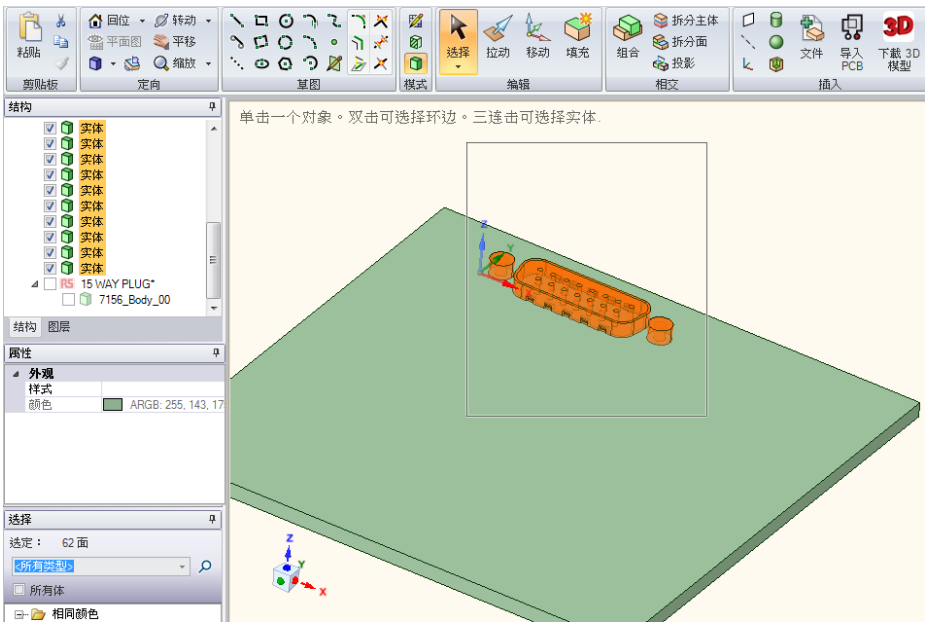


图 8-15 删除切割后的实体

步骤 9：完成切割。

此时可以看到长方体中已经透过组合功能，将连接器与长方体连接处切割完成，最后将此档案储存为 Cutting。

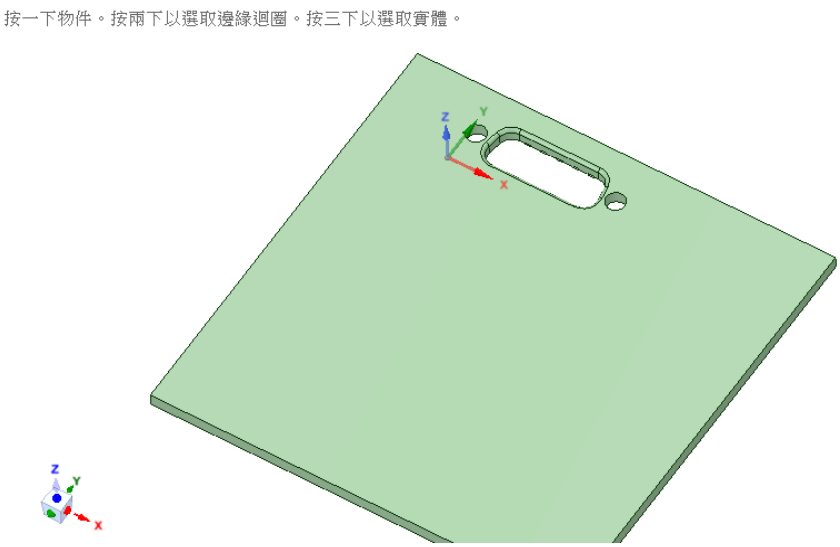


图 8-16 完成切割

8-2-2 结合对象

本节会教导各位如何在 DesignSpark Mechanical 中撰写立体文字，并且将文字能够与我们所画的图形做结合。

步骤 1：建立圆形、标示尺寸。

首先，请新建一个新的设计（文件>>新建>>设计），建立一个任意半径的圆。圆形画好之后，我们点选**调查**中的**尺寸**，单击圆形的边缘或图面，并将鼠标移动到圆外，选择一个适当位置，点击鼠标左键，此时程序会自行建立一个批注平面，并在批注平面上标示圆形之直径。

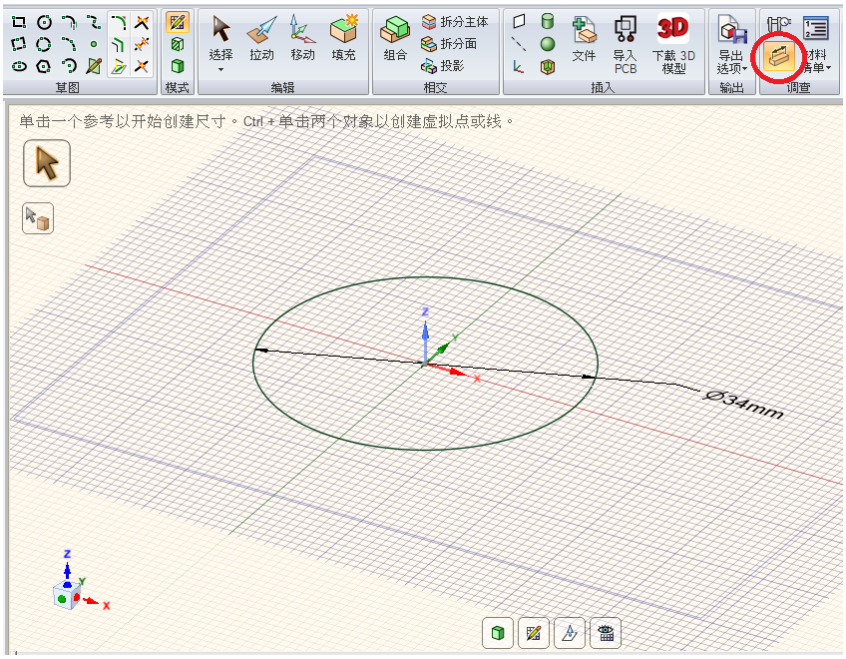


图 8-17 标注尺寸

步骤 2：编辑文字。

我们要透过这个批注文字来编辑成我们想要的文字。请对着文字连续点击两下，编辑成我们想要的文字後。

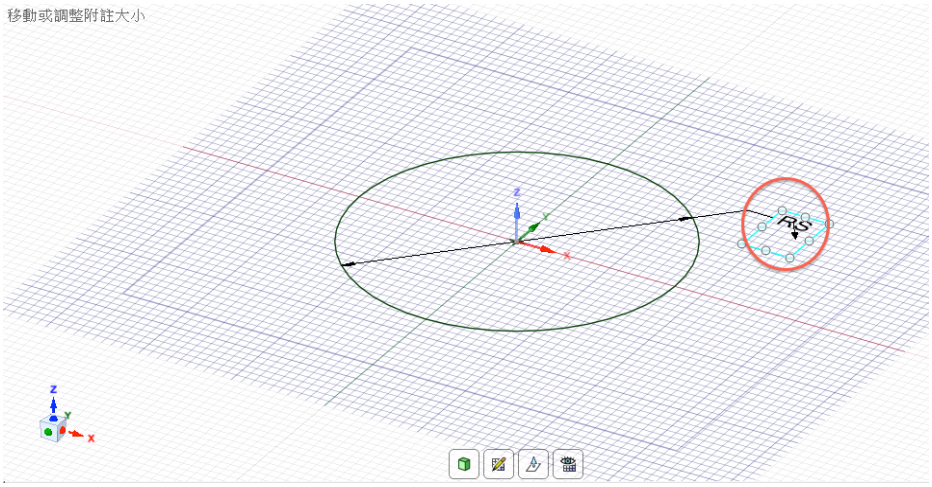


图 8-18 编辑文字

步骤 3：投影到草图。

文字编辑完成后，我们要将这些文字变成线条。请先将文字反黑选取，再点击**草图**中的**投影到草图**工具，它可以将我们所选取的边缘或者批注文字投影到草图上（请先将文字编辑完成后再投影，投影后再的文字编辑难度较高）。

投影完成后可以在结构树中看到会有多个新的线条被建立出来，我们可以先将批注平面的勾选方框取消勾选，以方便确认投射结果。

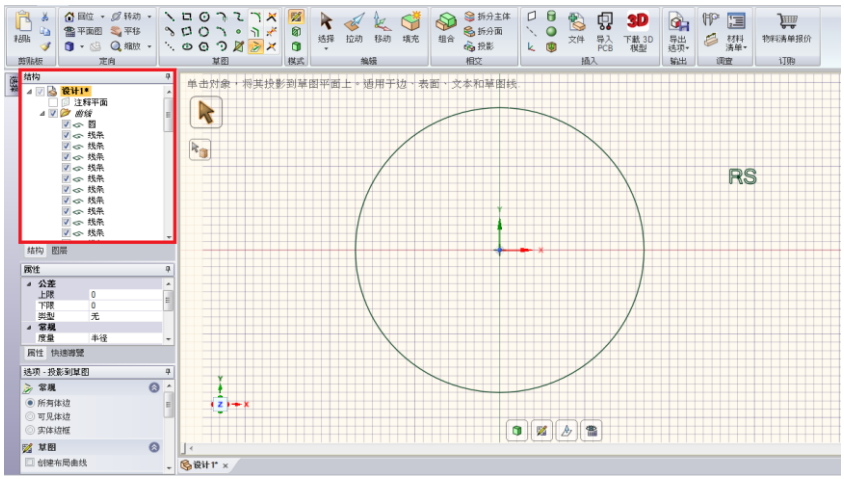


图 8-19 投射到草图

步骤 4：制作字型平面。

此文件主要的目的在于建立文字，因此可以将先前的辅助工具删除（圆形线条及批注平面）。删除后，我们将投影在草图上面的 RS 字样全部框选起来，点选**编辑**中**填充**，此时可以看到左方结构树内只剩下一个表面，其余对象如线条等等都不见了。

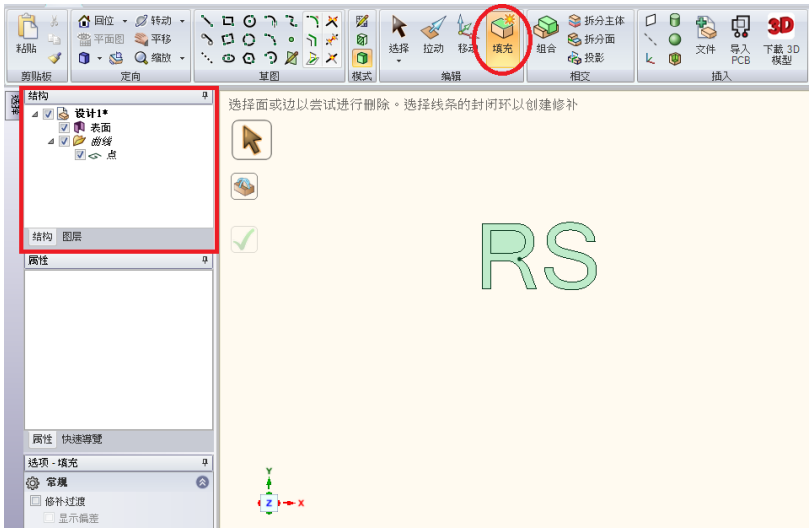


图 8-20 制作字型平面

步骤 5：删除多余表面。

从线条制作表面时，可能会产生一些多余的表面，因此我们必须要在制作立体图前就将其删除（因为范例所用的字型较为简单，若用其他的字型可能会产生较多的多余平面）。

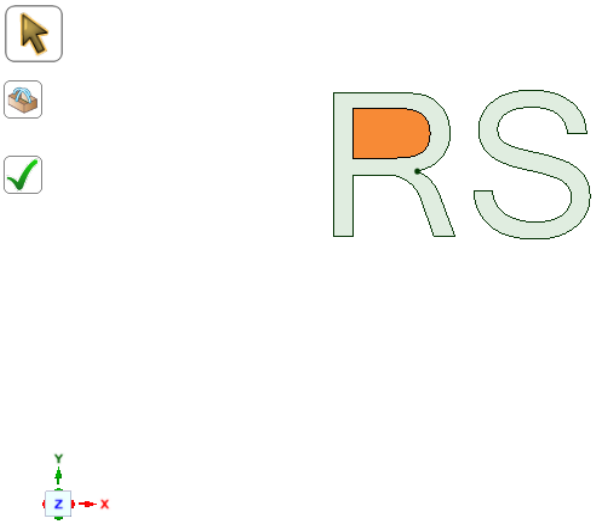


图 8-21 删除多余表面

步骤 6：制作字型立体图。

点选**编辑**中**拉动**工具，对着平面向上拉动 2mm，拉动后立体字型即完成了。

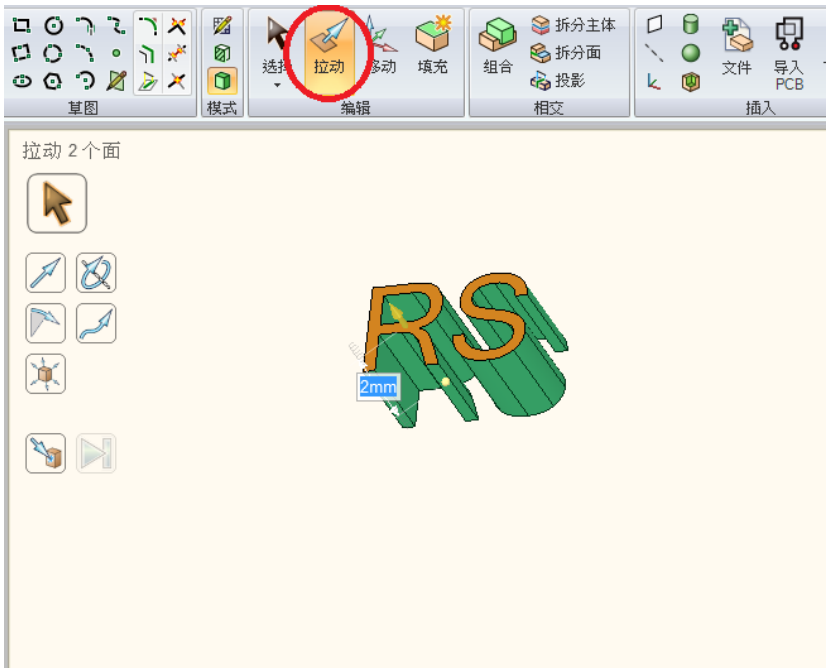


图 8-22 制作字型立体图

步骤 7：输入字型至 Cutting 文件中。

开启 4-3 所绘制的 Cutting 文件，使用「**插入文件**」方法或者是「**复制、贴上**」方法来汇入文件，汇入后透过**编辑**中的**移动**功能来调整字型位置，好让我们能够便利操作。

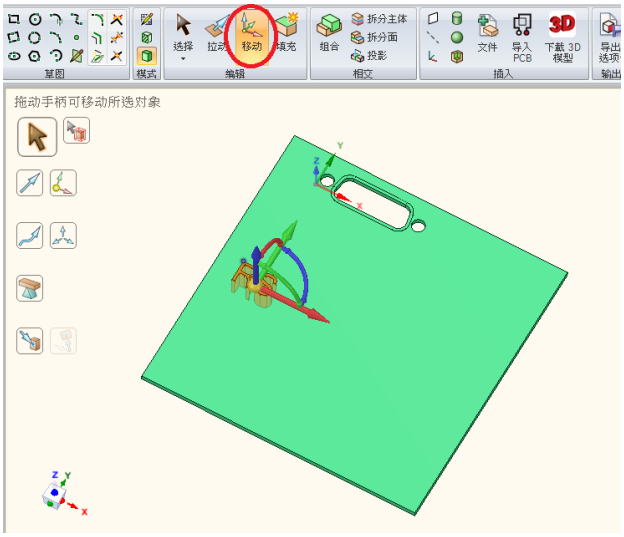


图 8-23 输入字型至 Cutting 文件中

步骤 8：移动字型到长方体表面。

我们将长方体及字型立体图做相连的动作，先将字体全部选取并点选**移动**，点选左方的**定位**功能，点选字型要与长方体相接的表面，此时移动锚会自行移动到所选择的表面上。

点选**直到**功能，再点选长方体表面，此时字型会自动移动到长方体表面，两者相接。

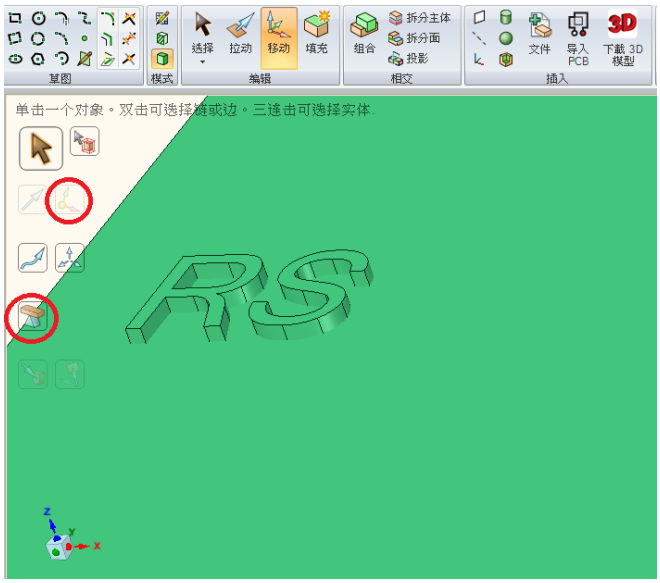


图 8-24 移动字型到长方体表面

步骤 9：组合文字与长方体。

最后请将文字与长方体做组合，让两者能成为一体。请先点选长方体，再点选**相交**中的**组合**指令。此功能除了上一节中所提到的切割外，也可以组合两个对象，点选左方的**选择要合并的实体**指令，再点选两个文字实体 (也可以直接点选结构树中的实体)，文字实体将会与长方体结合起来了。

图 8-25 组合

步骤 10：完成图。

结构树中只剩下两个实体：长方体及 7156，即为完成图。

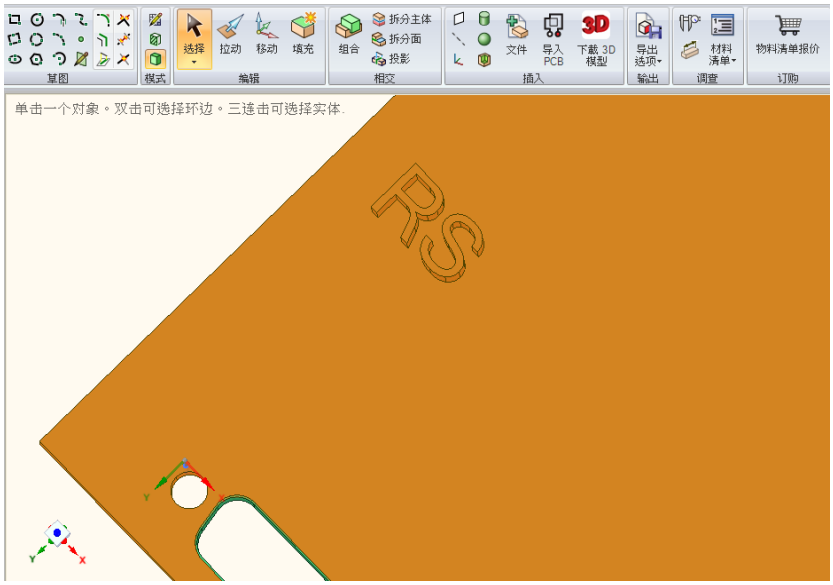


图 8-26 完成图

8-3 导入电子设计 PCB

在许多情况下，把印刷电路板设计转移到机械 CAD 软件中是非常有用的，最直接的例子包含检查电路板的尺寸是否符合图形外壳尺寸，可以直接验证安装孔的位置和任何较大的组件及连接器的摆放，亦或者是可以直接为您的 PCB 板设计一个新的外壳。

PCB 导入 IDF 文件格式到 DesignSpark Mechanical

DesignSpark Mechanical 可导入中间数据格式(IDF 文件)，此格式是用于所有电路板设计软件，当然也包含了 DesignSpark PCB。通常 ECAD 软件导出时，会有两个单独的输出文件：1. 电路板文件(.idb 档)、2.库文件(.idl 档)，建议两者可以放在同一个文件夹内，以确保数据的完整性。

开启一个新的设计后，点选文件>>打开，在开启视窗下方的下拉选单中选择 **ECAD 文件 (*.idf;* .idb;* .emn)**。

图 8-27 导入文件

选择您的.idb 文件，将电路图汇入至 DesignSpark Mechanical，导入.idb 文件可能需要一些时间，时间取决于电路图设计的复杂度及大小，在计算几何图形时，进度会显示在 DesignSpark Mechanical 窗口的底部。

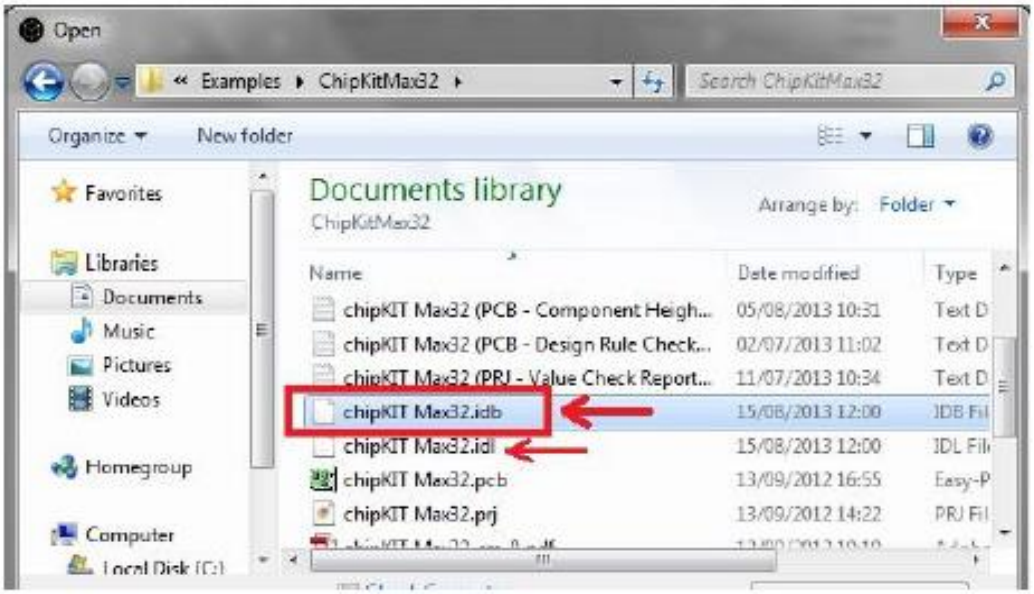


图 8-28 导入.idb 档

导入的电路板可能如下图中所示。

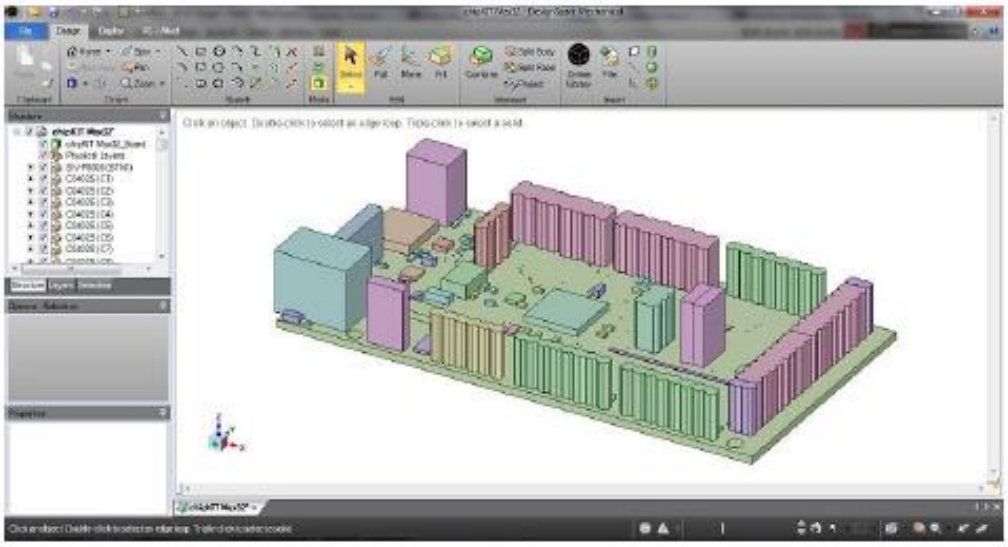


图 8-29 导入后图形

8-4 总结

DesignSpark Mechanical 提供了在线丰富的资源，很多的电子零件、线材等等的组件都不需重新绘制，只需要寻找出适当的元件汇入即可，这让我们在开发过程中省去了很多力气，自然也提升了开发的效率。

第九章

组装、报价、输出

在前面几章让我们学会了基本的绘图、汇入文件等功能，本章将带您设计出一个能够放入电子产品的外壳，并标上规格，好让产品能够与他人(客户)沟通，最后透过 RS 网站在线购买所需要的材料。

9-1 产品设计

本节要设计一个客制化的外壳，能够配合客户或者是某项电子产品的体积，从网络上下载电子产品的 3D 模型，可以大幅缩短产品设计的时间。

步骤 1: 建立外壳。

首先建立一个长、宽、高为 100mm x 100mm x 50mm 的立方体，再点选**插入**下的**壳体**指令，它可以移除图面以建立薄壳，并且可以指定薄壳的厚度，因此请先点选指令后再点选要移除的表面，移除后输入薄壳的厚度。

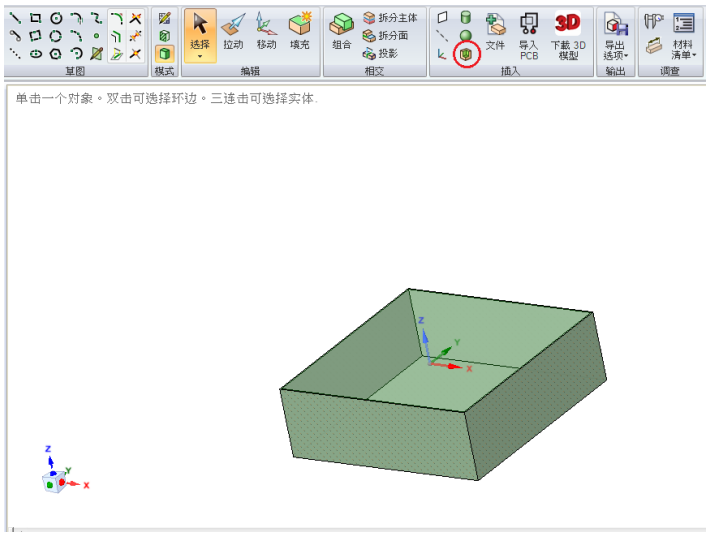


图 9-1 建立外壳

步骤 2: 汇入 3D 模型。

外壳大概确定后，就可以将我们需要的电子产品一一汇入（本范例使用 RS 库存编号 6741328、140448、2740441 和 7763206)，并透过**移动**功能来移动至最适当的位置。若此时发现外壳太小或太大，可以使用编辑中的**拉动**功能，点选要拉动的面，沿着箭头方向进行拉大或缩小。

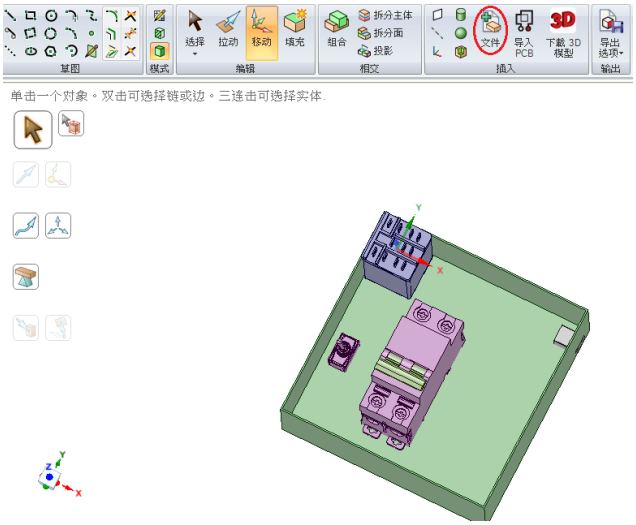


图 9-2 汇入 3D 模型

如同范例中的图形 32096，如果要使用两个图形 32096 的话，我们可以点选其中一个 32096 再点击**拉动**，在图形上我们可以看到移动锚，鼠标点击移动锚中的其中一个方向并同时按下 Ctrl 键，即可沿着拉动方向复制一个新图形。

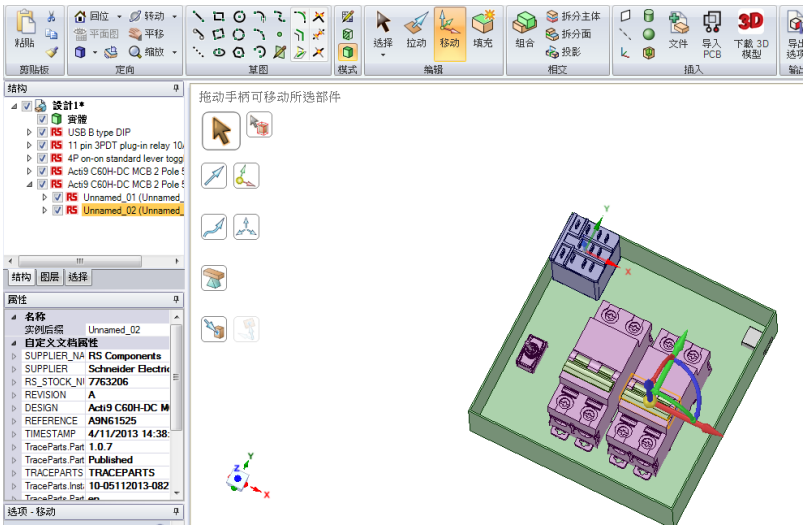


图 9-3 复制模型

步骤 3：组合。

参考本书 8-2 的方法，让这些电子零件能够与外壳做结合，电子零件需要与外壳做切割的部份需使用**组合**指令做切割。

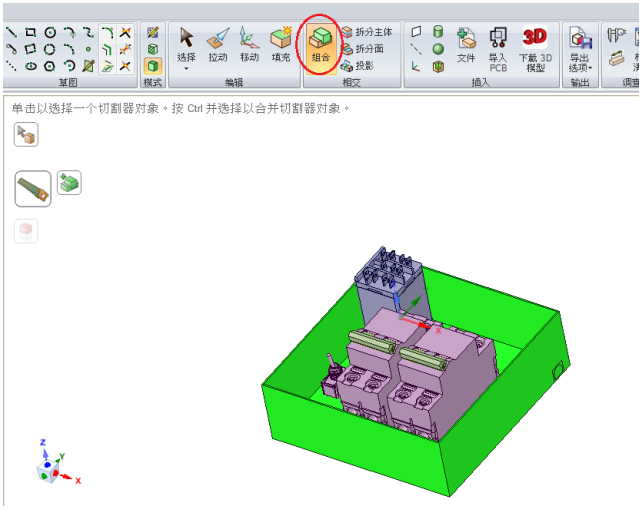


图 9-4 结合

步骤 4：维度。

当产品设计草图绘制完成后，如果希望能够与他人讨论，或者是往后再修改、输出时能够更便利，通常我们会在草图上面标示长度、圆的半径、角度等信息。在**调查**中的**尺寸**功能可以帮助我们简易的标示出尺寸。

点选**尺寸**功能，点击任一平面当做批注平面，此平面的用意在于所有的尺寸标示都会整合在此平面上。当然您也是可以创造出多个批注平面，将尺寸标示在不同的平面上。

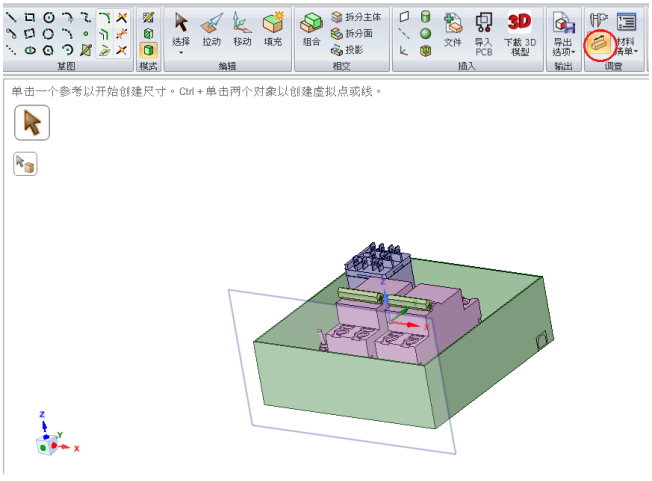


图 9-5 产生批注平面

选择平面并创造出批注平面后，即可对想要标示的地方进行标示。对着边点击鼠标左键并向外移动，此时会有尺寸标示随着鼠标移动，在适当位置再点击一次鼠标左键，即可固定尺寸位置。

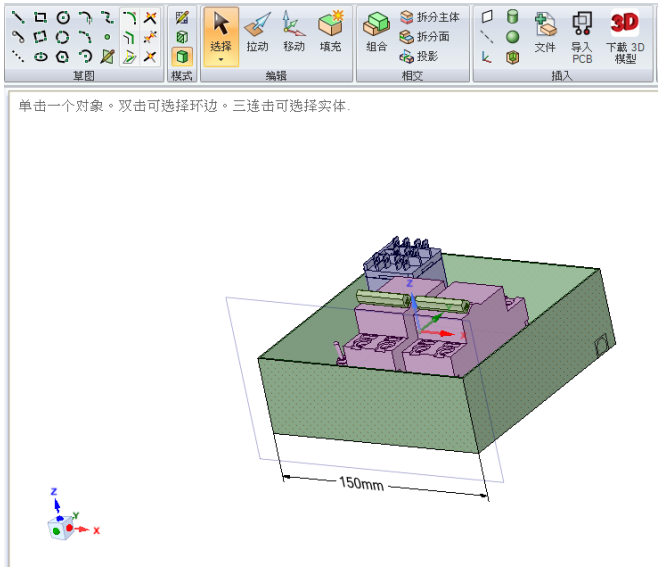


图 9-6 选择标示位置

尺寸创造出来后可以对着尺寸点选两下，尺寸右上方会出现规格选项，可以对尺寸进行更进一步的设定，如公差、标示等等。

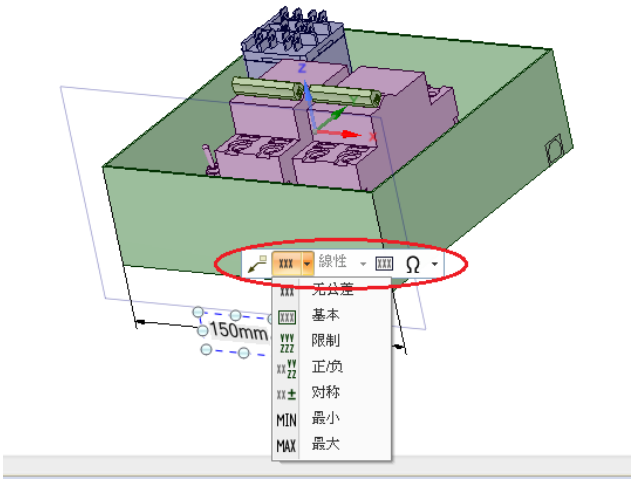


图 9-7 修改尺寸

值得注意的是，创造尺寸标示后，日后修改图形时，尺寸标示会依照实际尺寸随之变动。

步骤 5: 材料清单。

为了能够与客户或者是其他人沟通产品内容，DesignSpark Mechanical 提供了一个很方便的功能: 材料清单，能够将此次产品设计所使用的零件全部列出，增加沟通便利性。

在**调查**下，点选**材料清单**，选取**全部详细信息**选项，并在图形中选取一个平面当做批注平面，选取后可在平面上任一处放置材料清单。

图 9-8 材料清单

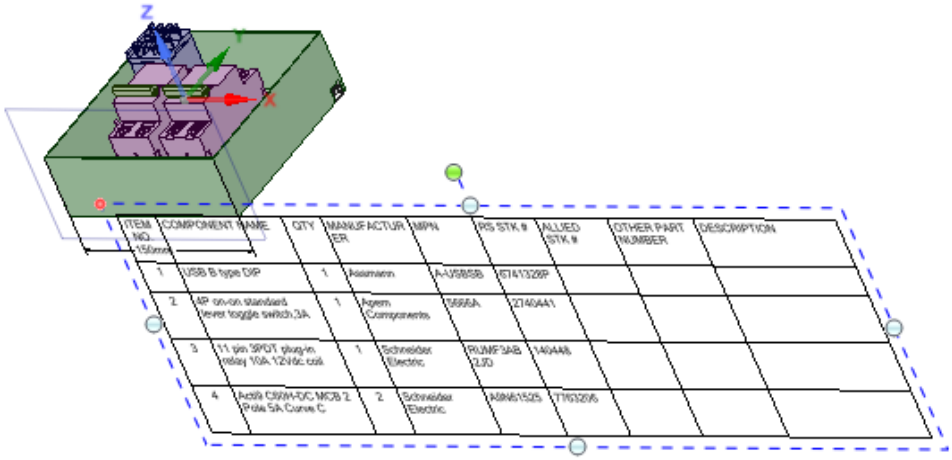


图 9-9 材料清单

9-2 材料清单报价接口(BOM)

在 9-1 中，我们使用了材料清单功能，这是个非常方便且节省时间的工具，可以自动列出所有的材料，但最重要的是材料清单是否正确。为了能够达成任务，有几点是必须要了解的。

1. 材料清单(BOM)会根据设计结构树的内容列出详细清单。

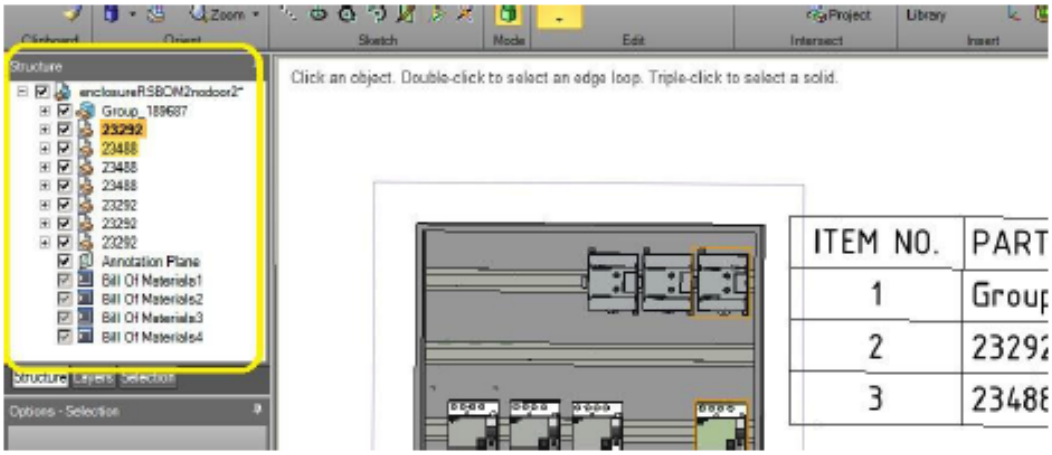


图 9-10 材料清单(BOM)

2. 结构树中的每个组件应该包含一些物理结构（点击+时会显示）。

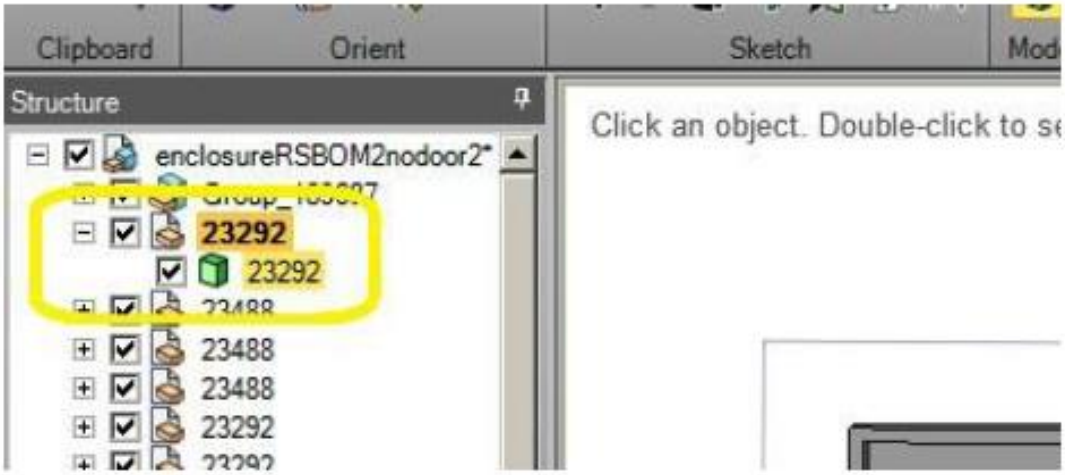


图 9-11 结构树

如果点击+时没有显示任何东西的话，这就是一个空的组件，即使它不在图形中也会出现在物料清单里。之所以会有空的组件的原因是，每当组件被点击三次选择后在设计窗口中删除的话，它会从图形中消失，但仍然以空的组件存在于结构树里。如果您不确定的话请在建立 BOM 表前，在结构树顶部的设计文件名点击右键，并点击**删除空组件**。

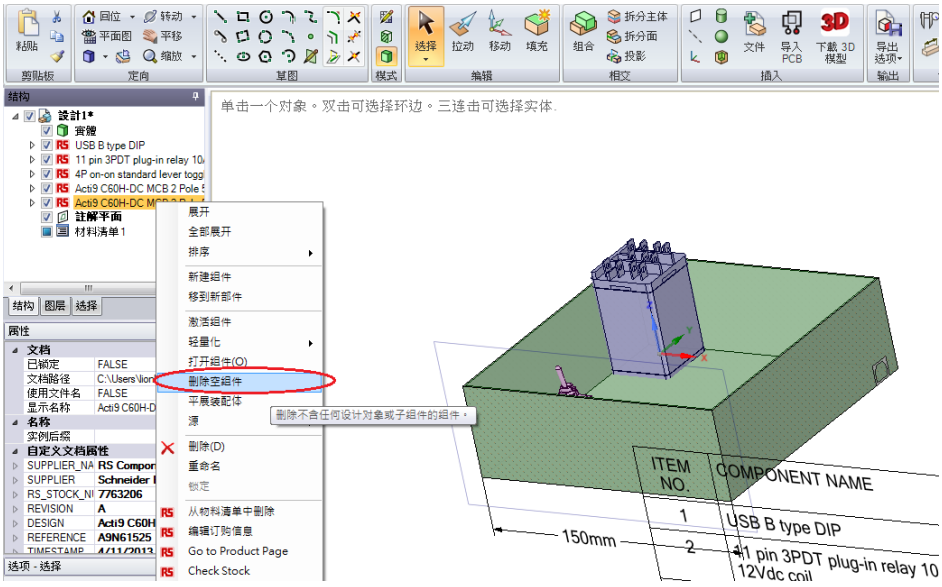


图 9-12 删除空白组件

3. 组件可能被添加到结构树中(在 BOM 上出现),但没有出现在模型中。例如，您可能要添加电缆扎带或热缩罩等消耗品，添加这样的组件需要在结构树顶部的设计文件名上点击右键，然后点击**新建组件**。

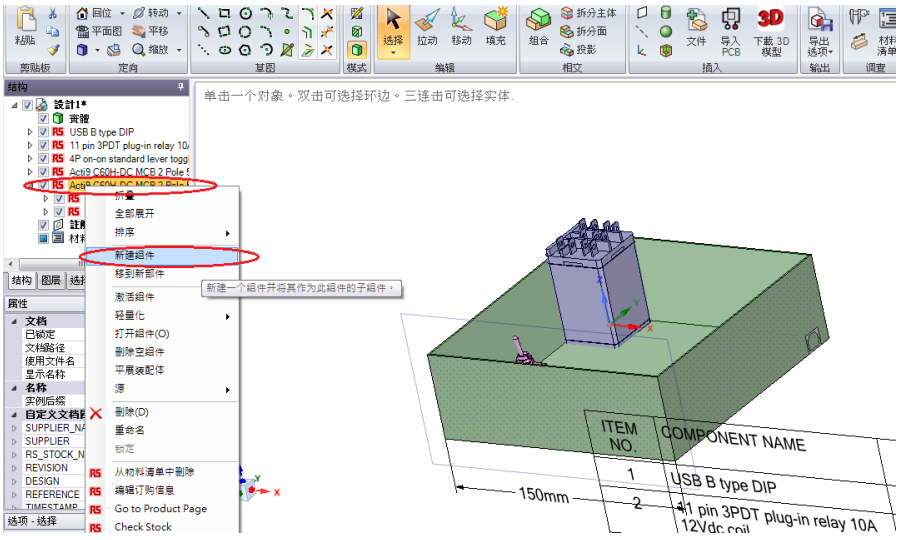
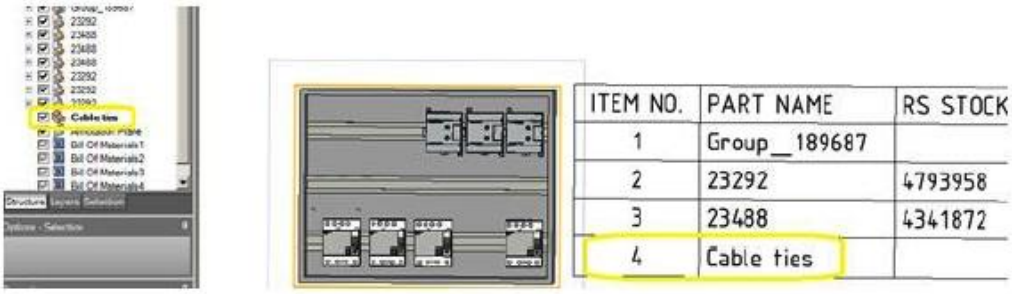


图 9-13 新组件

然后可以命名新组件，它会立刻出现在 BOM 表，但不会出现在模型中：



ITEM NO.	PART NAME	RS STOCK
1	Group__189687	
2	23292	4793958
3	23488	4341872
4	Cable ties	

图 9-14 新组件

4. BOM 表的格式。 BOM 功能可在**调查**内找到，并可选择不同的格式。

图 9-15 表的格式

使用顶层格式的话，任何群组的组件都不个别显示。

生成正确的 BOM 表之后，您可以在**订购**内点击**材料清单报价**功能，直接从 RS 在线获取报价和订购零件。

9-3 导出格式说明

图形绘制完成后，常常需要输出不一样的文件类型，例如输入到 3D 打印机将模型打印出来，或是其他绘图软件才能支持的格式。本节将会告诉您如何管理导出文件以及成功导出不同文件格式的要点。

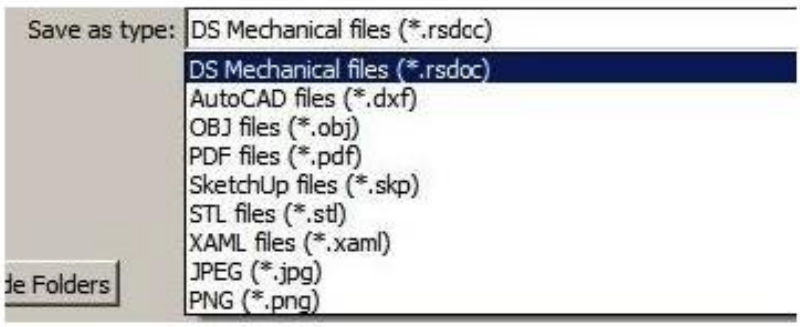


图 9-16 导出格式

透过 DesignSpark Mechanical 所绘制的图形，保存文件时有很多可用的文件格式，这些都可以透过**文件>>另存为**内的「保存类型（Save as Type）」下拉列表中找到。

图 9-17 保存类型选择

DesignSpark Mechanical 的预设输出档案为.rsdoc 档，而我们也可以选择其他常用的图形格式。

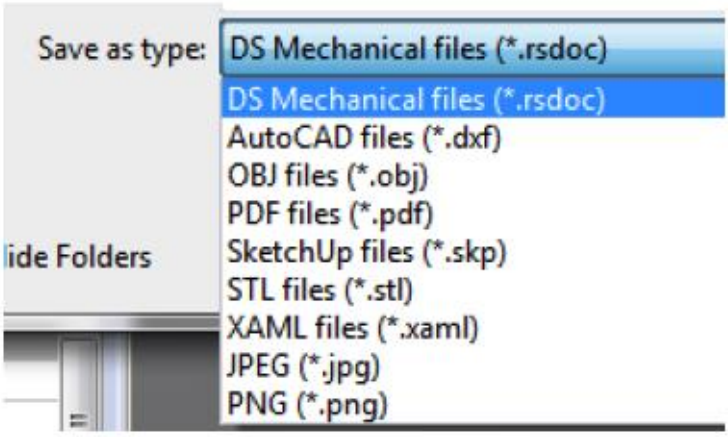


图 9-18 .rsdoc 档

输出不同的格式基本上不会发生错误，然而有些情况下还是难免有些小错误，此时可以试看看以下几种方法进行改善。

当导出.dxf 文件时，模型的视图会在转换、保存为新格式后固定其方向。因此，在另存新档前必须确保视图以正确布置以及设定在您想要的视角。

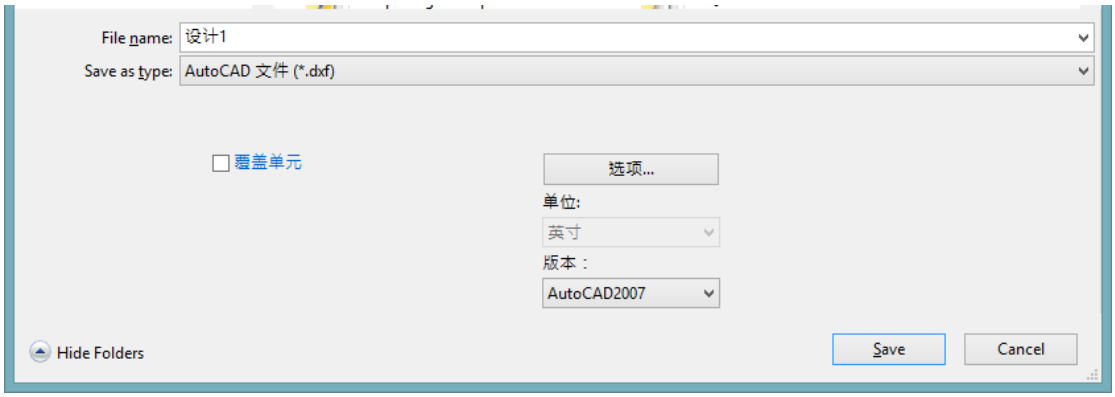


图 9-19 导出.dxf 档

保存 .obj 或 .stl 格式的文件时会根据转换文件的分辨率设置。选择一个非常精细的分辨率将提高输出的质量，但产生的文件可能会非常大。一般来说，把分辨率设置为细微通常已经足够，如果由于文件的性质而不适合这个设置，那么应该尝试其他选项，关键在于输出质量和文件大小之间的平衡。

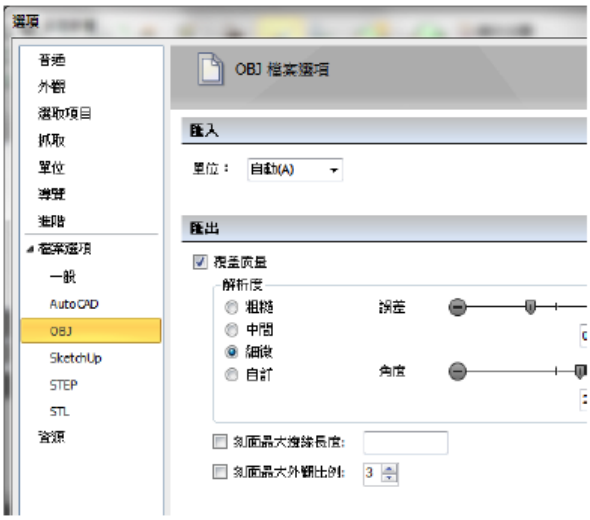


图 9-20 设定.obj 档导出参数

9-4 总结

DesignSpark Mechanical 提供了一个非常方便的在线报价、出货服务，这对我们使用者来说绝对是个大大的福音。您可以在在线选择想要的元件，而不需要从新绘图，还能直接了解到元件的尺寸，甚至可以将编号、价钱等信息整合在图形里，方便我们去做评估及与其他开发者沟通。

在兼容性的部份，DesignSpark Mechanical 也是做的相当好，让我们不需要担心画出来后会不会没有其他软件可以开启，导致无法与合作厂商进行协同开发。

本书至此告一段落，期待您的多加练习，使用这套软件完成心中的梦想！

更多關於 DesignSpark Mechanical 的信息，請訪問: https://www.rs-online.com/designspark/mechanical-software-cn