

## 芯片分类

- 1.分立器件:二极管、三极管、Mosfet、IGBT…（不属于芯片级）
- 2.模拟芯片:电源管理，运放，音频 PA、模拟开关…
- 3.数字芯片:计数器、寄存器、memory…
- 4.混合信号芯片:触控芯片、ADC、DAC、MCU…
- 5.RF 芯片:FM、蓝牙、wifi、GPS…
- 6.SOC:解码芯片、基带芯片、CPU、DSP…

## 什么是芯片测试

IC 测试就是用相关的电子仪器(如直流电源、万用表、示波器、信号源、ATE 等)将 IC 所具备的电路功能、电气性能参数测试出来，并判别好坏，优劣等。测试的电气参数一般有:直流参数(OS, 漏电,电压,电流等),交流参数(时间,频率等)、功能测试等。

## 芯片测试名词解释

### ATE:

Auto Test Equipment,自动测试设备，也称 Tester 或测试机，是由计算机、硬件系统和软件系统三部分组成，其中硬件部分功能就是一组可以用软件程序控制的电压、电流源、信号源、示波器、万用表等测试仪器。类型:分立器件，模拟，数字，混合信号，SOC 等。

### Probe/探针台:

用来承载、搬运 wafer，并且可以做高精度上下左右移动的设备，通常由显微镜、探针座、屏蔽箱、防震桌、真空汞组成。有手动、半自动和全自动之分。

供应商:东京精密，TEL，EG，矽电

技术参数:精度，index time，可测 wafer 类型，die 数量等

### **Probe card/探针卡:**

具有精细且良好导电性的探针，能实现 ATE 与 wafer PAD 之间的电气连接的 PCB 组件，有方卡、圆卡，悬臂针，垂直针等不同种类。

### **Handler/机械手/分选机:**

能够夹持、传送并归类(分 bin)IC 的高精度机电设备

关键参数:UPH(indextime)，bin 数，并测数，故障率

类型:重力式(Gravity)，转塔式，平移式



### **Loadboard，DIB，DUT 板、测试板:**

用于实现 ATE 资源和 socket 之间的电气连接的 PCB 板。Loadboard 与 ATE 相对应，handler 不同，其接口 DUT 板也不同

### **socket，插座:**

实现 IC 管脚和 PCB/loadboard 之间的电气连接的一种装置，有老

化座，量产座，接触方式有 pogo pin、C pin、finger，是否 Kevin 等。关键指标:电流，频率，pin 大小间距，接触阻抗，温度，寿命等

**Stiffener:**用于加强 loadboard 受力的金属配件，不同 ATE 其 stiffener 也不同

**Change Kit:**匹配 handler 和 loadboard 的一组配件，主要由如下配件组成:



## 芯片测试分类

### 1、WAT: wafer acceptance test，晶圆允收测试

晶圆在完成加工后，对晶圆上的各种结构进行的电性测试，主要测试电压，电流，电阻电容等参数，通过 WAT 数据分析，可以发现工艺并改进问题。

### 2、评估测试(实验室测试，性能测试，bench 测试)

使用特定测试评估板(Demo/EVB/Bench)，对几颗或几十颗 IC 进行全面的电气性能评价测试，其目的主要是为了验证 IC 是否满足设计指标，以及是否存在缺陷，为设计优化提供依据，其测试数据是编写芯片手册的主要依据。

### 3、可靠性测试(HTOL,HAST,TC,ESD,Latch-Up 等)

使用极限的测试条件:极限的电压，温度、湿度等恶劣环境下，

考察 IC 可用性及稳定性的测试。

#### **4、量产测试(CP, FT)**

用测试机、probe、handler、loadboard 等设备及硬件，对 IC 的主要性能参数进行大批量的生产测试，其目的主要是将好坏 IC 分开，其测试数据可以作为优化工艺和设计的依据。

#### **5、失效分析测试(FAT)**

针对已经失效的芯片，通过各种的测试工具，测试方法，测试条件，查出失效原因的测试。

### **芯片测试分类-量产测试 CP**

#### **晶圆测试(wafer test、CP:Chip Probing):**

在 wafer 从 FAB 厂加工完成后,送至 cp 车间用探针卡(probe card)、探针台(probe)、测试机(ATE)对 wafer 中的每颗裸芯片进行电气参数的测试,并按照一定的规范进行筛选,分出好坏裸片(die)的过程。CP 厂要求:洁净度

class1K~10K, 5S, 质量管控, 输出结果:良率, testdatalog, mapping 数据。

### **芯片测试分类-量产测试 FT**

#### **成品测试(FT:Final Test):**

经过晶圆测试之后, wafer 经过切割、粘片、焊线、塑封等一系列封装工艺将其中的每颗裸片用环氧树脂或其他材料分别包装

起来，成为单独的 IC，然后用测试机(ATE)、Loadboard、机械手(handler)对每颗 IC 进行电气参数的测试，并按照一定的规范进行筛选，分出好坏 IC 的过程。

## 芯片量产测试开发流程及测试参数

测试方案制定 Test plan

测试硬件制作 Loadboard Dut

测试程序编写 Test program

测试调试 Debug

测试验证 Correlation

测试量产导入 Release

IC 的主要测试参数:

- 1、开短路测试(OS/open-short/continuity test/contact test)
- 2、电流测试(Ileakage, Ioff, IQ/ICC/DD, Ishort...)
- 3、电压测试(Vin,Vout,VIL/IH,VOL/NOH,Uvlo...)
- 4、电阻、电容测试(Rdson, Cj, )
- 5、trim 修调(metal/poly fuse,laser、E/EEPROM)
- 6、功能测试(开环测试，闭环测试，向量测试)
- 7、性能测试(Gain, THD, INL, DNL, 功率，效率)
- 8、时间参数测试(Freq,占空比,上升时间,下降时间,保持时间)
- 9、DFT 测试(SCAN, BIST, JTAG 等)

## 10、其他特殊测试项

### 电阻

#### 什么是电阻(resistor)?

导体对电流的阻碍作用，电阻越大，对电流的阻碍作用越大。单位为欧姆或简称欧( $\Omega$ )，以字母  $R$  表示。通常作为限流，分压，阻抗匹配等。电阻串联: $R_{总}=R1+R2$ ,电阻并联: $R_{总}=R1 \times R2 / (R1+R2)$   
欧姆定律: $R=V/I$

### 电容

#### 什么是电容(capacitor)?

存储电荷的器件，单位为法拉或简称发(F)，以字母  $C$  表示，多用于隔直、耦合、旁路、滤波、调谐回路、能量转换等。电容测量: $C=I \cdot dt/dv$

特性:通交流隔直流电压不突变，阻抗特性

注意:电容种类选择，耐压，极性，电容补偿保护并、串联计算 ESR  
ESL

### 电感

#### 什么是电感(inductor)?

电感是能够把电能转换为磁能而存储的元件，和电容相反，它有着阻碍交流，但可以让直流顺利通过的特性。单位为亨利或简称

亨(H)，以字母 L 表示。通常用作滤波、震荡、延迟、陷波的作用。

$$L=V*dt/di$$

注意:饱和电流，直流阻抗，与磁珠的区别

## 二极管

### 什么是二极管?

二极管是由 PN 结加上相应的电极引线和外壳做成。单向导通是其主要特性。主要参数:门限电压，正向导通电压，反向击穿电压等，常见的有稳压管，TVS，肖特基，发光管。OS 测试方法:加流测压

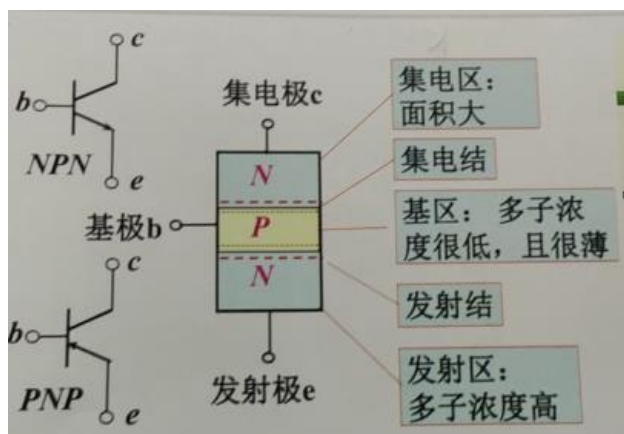
注意:单向导通

## 三极管

### 什么是三极管?

三极管是由半导体材料做成的一个电流放大器件。NPN 和 PNP，三个电极:集电极，基极和发射级。

三极管是电流控制型，通常作为开关或者信号放大



## MOS 管

### 什么是 MOS 管?

Metal-Oxide-Semiconductor type FET，简称 MOSFET，是绝缘栅型场效应管的一种，由金属、二氧化硅绝缘层及半导体构成，可分为 NMOS、PMOS

MOS 管是电压控制型，通常作为开关或者信号放大

## 继电器

电磁继电器(relay):

是一种利用电磁特性，使电磁铁芯与衔铁间产生吸合而工作的一种电气装置，是具有电气隔离功能的自动开关元件，一般由铁芯、线圈、衔铁、触点簧片等组成。类型:单刀/双刀/多刀，高频/低频，高压/低压，以字母 K 表示

## 电烙铁，焊锡丝，镊子，剥线钳，助焊剂，高温导线



电烙铁:焊接元器件，接插件，导线所必须用到的工具

应用注意:温度控制，焊接时间，烙铁头氧化保护



## 仪器仪表一万用表

万用表: 测试调试中最常用的工具, 必须熟练运用

数字万用表: 由转换电路将被测量转换成直流电压信号再由模/数(A/D)转换器将电压模拟量转换成数字量, 然后通过电子计数器计数, 最后把测量结果用数字直接显示在显示屏上

测试范围: 电压、电流、电阻、电容极值和通短路等等

测试特点:

分辨率: 应表的类型而异。手持式一般在 3 位半到 4 位半

精度: 应表的类型而异。手持式一般不高。如士(1%+0.2)。如果读数是 100.0V, 实际的电压会在 98.8V~101.2V 之间

注意事项:

测试电阻时关掉电源, 所有电容放电。

测量小阻值电阻时, 应先将两表笔短路, 读出表笔连线的自身电阻。

更换测量项目时, 表笔需要调整

根据实际测试值选择合适量程

注意: 不要用电流档测电压! 烧表!!

## 仪器仪表一示波器

示波器: 测试调试中经常使用的工具, 灵活运用可大大提高调试效率

示波器:

可以实时观察电压、电流等信号幅度随时间变化的曲线。

测试范围:

电压、电流、时间、频率、相位等等。

测试特点:

能显示信号波形，可测量瞬时值，具有直观性。

输入阻抗高，对被测信号影响小。

工作频带宽，速度快，便于观察高速变化的波形的细节。

注意事项:

带宽，这个通常会在探头上写明，多少 MHz。如果探头的带宽不够，示波器的带宽再高也是无用，瓶颈效应。

测量时间短的脉冲信号和高频信号时，应尽量将探头的接地导线与被测点的位置邻近。接地导线过长，可能会引起振铃或过冲等波形失真。

设置电压，时间档位，触发电平，抓波形，测量波形参数

### 三仪器仪表一电压源,电流源

电压源:在实验室测试中经常使用，给 IC 提供电源

电压源:理想电压源，是从实际电源抽象出来的一种模型，在其两端总能保持一定的电压而不论流过的电流为多少。

实际电路要考虑电流量程。

电流源:在实验室测试中经常使用，电流源的内阻相对负载阻抗

很大，负载阻抗波动不会改变电流大小。

### 三仪器仪表一信号发生器，电子负载

信号发生器:在实验室测试中经常使用，为芯片提供所需信号。产生所需参数的电测试信号的仪器。如正弦波、方波、三角波、锯齿波和脉冲波等

电子负载:在实验室测试中经常使用。控制内部功率 MOSFET 或晶体管的导通量(量占空比大小),靠功率管的耗散功率消耗电能的设备，它能够准确检测出负载电压，精确调整负载电流，同时可以实现模拟负载短路，模拟负载是感性阻性和容性，容性负载电流上升时间。一般开关电源的调试检测是不可缺少的。

### 连接器

连接器，即 CONNECTOR。国内亦称作接插件、插头和插座。一般是指电器连接器。即连接两个有源器件的器件，传输电流或信号。

连接器是我们电子工程技术人员经常接触的一种部件。它的作用非常单纯:在电路内被阻断处或孤立不通的电路之间，架起沟通的桥梁，从而使电流流通，使电路实现预定的功能。连接器是电子设备中不可缺少的部件，顺着电流流通的通路观察，你总会发现有一个或多个连接器。

连接器形式和结构是千变万化的，随着应用对象、频率、功率、

应用环境等不同，有各种不同形式的连接器。

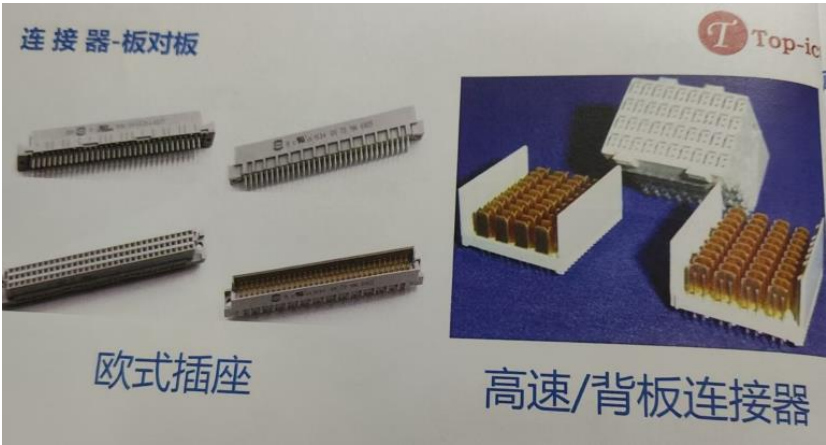
例如，球场上点灯用的连接器和硬盘驱动器的连接器，以及点燃火箭的连接器是大不相同的。但是无论什么样的连接器，都要保证电荷顺畅连续和可靠地流通。就泛指而言，连接器所接通的不仅仅限于电流，在光电子技术迅猛发展的今天，光纤系统中，传递信号的载体是光，玻璃和塑料代替了普通电路中的导线，但是光信号通路中也使用连接器，它们的作用与电路连接器相同。



## 连接器-同轴连接器



连接器-板对板



常见 cable 连接器特点

常见cable连接器特点

	牛角座	D-SUB	SCSI	同轴连接器	板对板连接器
引脚数量	中等 (64pin)	少 (50以内)	多 (100)	少	多
单引脚最大电流	中等 (1-2A)	大	小	小 (信号)	中等-大
信号频率	中等 (10mhz)	低	高	高	高
引脚密度	中等 (1.27 2.54mm)	低	高	低	高
成本	低	中等	高	高	高

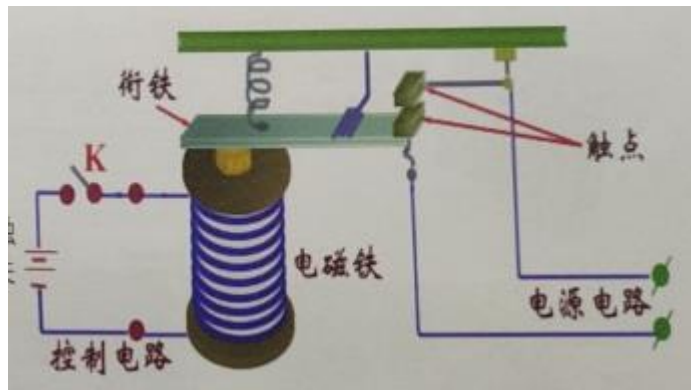
• 允许通过的电流、频率等跟测试资源、PCB、连接器、cable等密切相关，在设计方案时需要全部考虑到

测试常用元器件--继电器

继电器是一种当输入量(电、磁、声、光、热)达到一定值时，输出量将发生跳跃式变化的自动控制器件(通、断)。在芯片测试中应用广泛

如图所示，当控制电路中的开关 K 闭合时，电磁铁便具有磁性，将衔铁吸下，使继电器触点接触与触点相连接的电源电路便接通;

当控制开关 K 断开时，电磁铁的磁性被撤消，继电器触点弹开，电源电路亦随之断开。



作为控制元件，概括起来，继电器有如下几种作用：

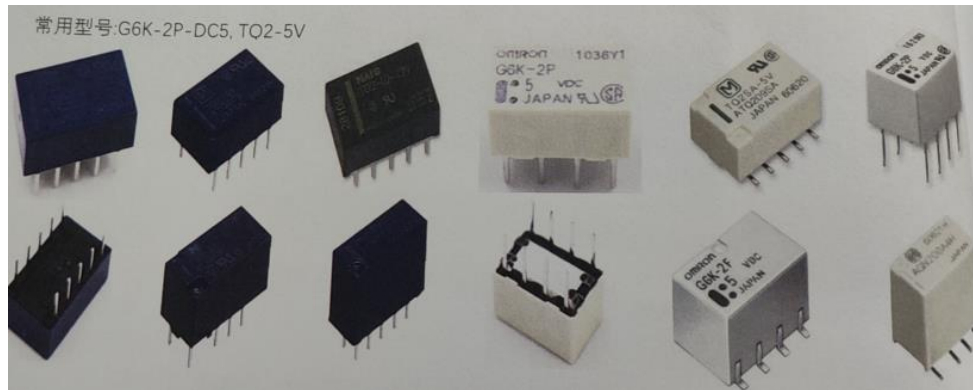
- 1)扩大控制范围。例如，多触点继电器控制信号达到某一定值时，可以按触点组的不同形式，同时换接开断、接通多路电路。
- 2)放大。例如，灵敏型继电器、中间继电器等，用一个很微小的控制量，可以控制很大功率的电路。
- 3)综合信号。例如，当多个控制信号按规定的形式输入多绕组继电器时，经过比较综合，达到预定的控制效果。
- 4)自动、遥控、监测。例如，自动装置上的继电器与其他电器一起，可以组成程序控制线路,从而实现自动化运行。

### 测试常用元器件-机械继电器

当输入量(如电压、电流、温度等)达到规定值时，使被控制的输出电路导通或断开的电器可分为电气量(如电流、电压、频率、功率等)继电器及非电气量(如温度、压力、速度等)继电器两大类。具有动作快、工作稳定、使用寿命长、体积小等优点。广泛应用



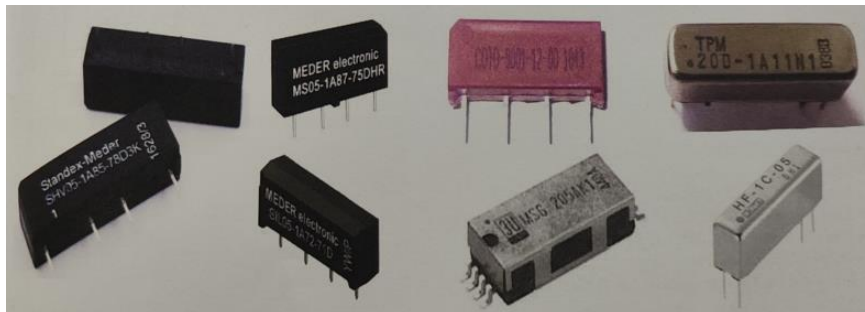
于电力保护、自动化、运动、遥控、测量和通信等装置中。



### 测试常用元器件—干簧继电器

干簧管又称簧片开关或磁簧开关，它可以作为磁接近开关或者继电器使用，比一般机械开关体积小、速度高、工作寿命长，与电子开关相比，它又有抗负载冲击能力强的特点，工作可靠性很高。干簧管内部由一对由磁性材料制造的弹性磁簧组成，磁簧密封于充有惰性气体的玻璃管中，磁簧端面互迭，但留有一条细间隙。磁簧端面触点镀有一层贵金属铱或钌，使开关性能稳定并延长使用寿命。

常用的干簧继电器型号:MS05-1A87-75DHR,SHV05-1A85-78D3K



### 测试常用元器件-MOS 继电器

MOS 继电器:是利用 MOS 管的导通和截止的原理来控制电路的

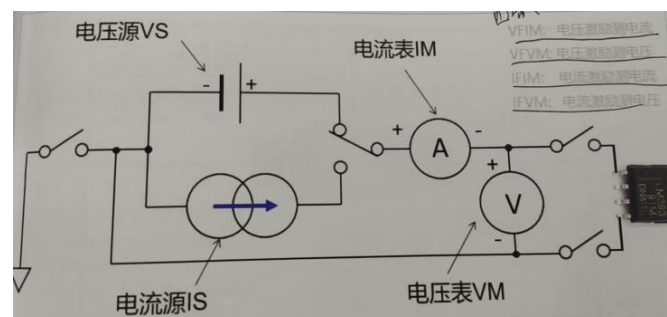
开、关。MOS 继电器相比较传统的机械继电器有着:高速，低功耗，高可靠性，体积小，无噪音等优点

### 测试基本原理-欧姆定律

一段导体中的电流，跟这段导体两端的电压成正比，跟这段导体的电阻成反比

$$\text{公式: } I = \frac{U}{R} \quad U = I R$$
$$R = \frac{U}{I}$$

### 测试基本原理一直流参数测试



### 四象限基本原理

VFIM:电压激励测电流

VFVM:电压激励测电压

IFIM:电流激励测电流

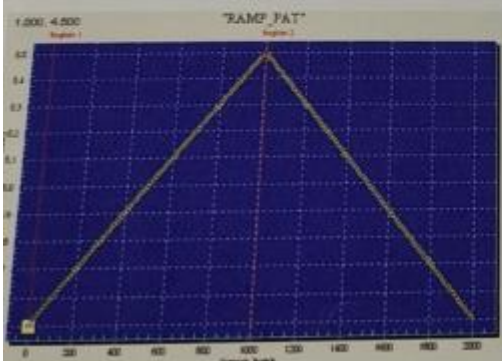
IFVM:电流激励测电压



测试基本原理-AWG(波形发生器) & Digitizer (信号采集器)

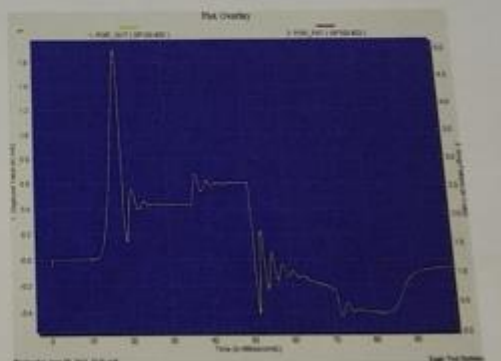
### Arbitrary Waveform Generator (AWG)

- An array of drive values in sequence that run as a pattern.
- Can perform multiple tests inside a single AWG pattern.
- Test time reductions over individual instrument settings.



### Digitizer (DIG)

- Collects measurement data array.
- Usually synchronous with AWG or other pattern.
- Allows point to point force/measure data comparison (when synchronous).
- Will take longer than a few discrete measurement points.



测试机整体结构一测试资源板卡

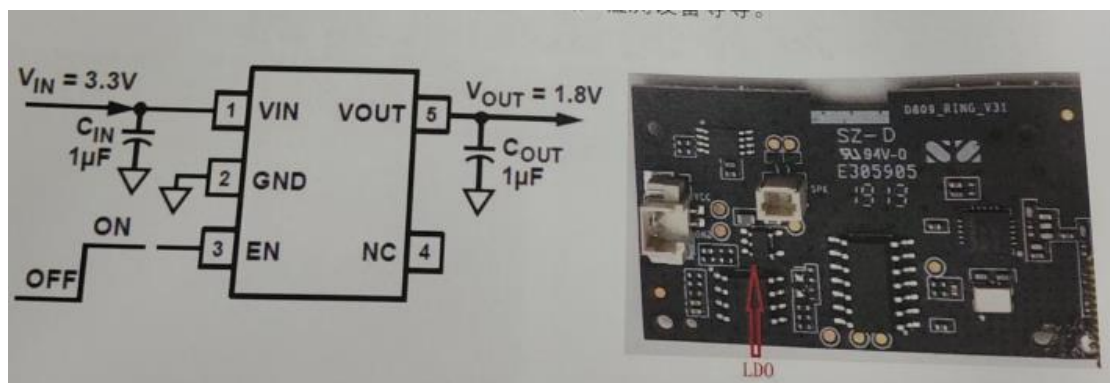
测试机整体结构一测试资源板卡									
低压源	电压	电流	通道	分辨率	精度	参考地	AWG	Digitizer	GNDSNS
DVI1	±45 V	±300 mA	2	13 bits +	±0.1%	GND ref	1K×16Bit;200kS/s	1K×16Bit;250kS/s	Yes
DVI2	±45 V	±2 A	2	16 bits	±0.1%	GND ref	1K×16Bit;200kS/s	1K×16Bit;250kS/s	Yes
DVI3	±45 V	±20 A	2	16 bits	±0.1%	GND ref	1K×16Bit;200kS/s	1K×16Bit;250kS/s	Yes
OVI1	±20 V	±30 mA	8	12 bits	±0.1%/2mV	GND ref	None	1K×16Bit;250kS/s	None
OVI2	±45 V	±500 mA	8	16 bits	±0.03%	GND ref	4K×16Bit;50kS/s	16K×16Bit;250kS/s;2	Yes
XVI	±30 V	±150 mA	14	16 bits	±0.03%	GND ref	4K×16Bit;50kS/s	1K×16Bit;250kS/s;14	Yes;2
高压源	电压	电流	通道	分辨率	精度	参考地	AWG	Digitizer	
HVS1	1000 V	10 mA	1	16 bits	±0.25%	floating	1K×16Bit;500kS/s	1K×16Bit;250kS/s	
HVS2	1500 V	10 mA	1	16 bits	±0.25%	floating	1K×16Bit;500kS/s	1K×16Bit;250kS/s	
HVS3-2K	2000 V	10 mA	1	16 bits	±0.25%	floating	1K×16Bit;500kS/s	1K×16Bit;250kS/s	
大电流源	电压	电流	通道	分辨率	精度	参考地	AWG	Digitizer	
PVI3	50 V	100 A	1	16 bits	±0.1%	floating	1K×16Bit;500kS/s	1K×16Bit;250kS/s	
PVI4	50 V	300 A	1	16 bits	±0.1%	floating	1K×16Bit;500kS/s	1K×16Bit;250kS/s	

测试机整体结构—测试资源板卡							
数字源	电压	频率	通道	分辨率	性能	存储深度	描述
DDD1	-5~15V	14MHz	8	100pS	3nS	1M	SPI和I2C功能开放
DDD2	-1.5~6V	50MHz	16	100pS	3nS	64M	附有 TMU 和 PPMU 的功能
DDD3	-1.5~6V	100MHz	16	100pS	3nS	64M	附有 TMU 和 PPMU 的功能
时间测量单元	频率	通道	电压	分辨率	性能	单元	描述
TMU	100MHz	A,B,HIZ	A,B:10V; HIZ:1000V	<100pS	1nS	1	一路时间测量单元
QTMU	100MHz	A,B,HIZ	A,B:10V; HIZ:1000V	<100pS	1nS	4	四路时间测量单元
交流源	AO/AI	通道	分辨率	电压	分辨率	失真率	采样率
ACS1	AO/AI	1/1	12 bits	10 V	±0.1%	-40 dB	1kS/s~200kS/s
ACS2	AO/AI	2/2	24 bits	10 V /30√2 V	±0.1%	-95 dB	1kS/s~200kS/s
继电器驱动	控制位	描述	专用板	主要特点		专用板	主要特点
MUX	32	32路relay	DOAL	2个运放测试线路, pole / zero补偿, vio范围= 100uv, avol > 120dB		LCB	100pA full scale 范围, 测量1pA
CBIT	32	32路relay control	QOAL	4个运放测试线路, pole / zero补偿, vio范围= 100uv, avol > 120dB		LZB	Zener link trim card, 40V, 700mA(4A Pulsed), 2x28矩阵

## 测试实战案例-LDO 定义及电路结构

LDO:low dropout voltage regulators。低压差线性稳压器。是一种直流电压(DC-DC)的转换芯片,比如从 5V 转换为 3.3V 或者 1.8V 等等。主要有噪声低, 电源纹波抑制高, 应用简单, 占用 PCB 面积小, 成本低等优点。缺点:效率低。

LDO 应用范围:各类家电, 手机, 电脑, 医疗器械, 检测设备等等。

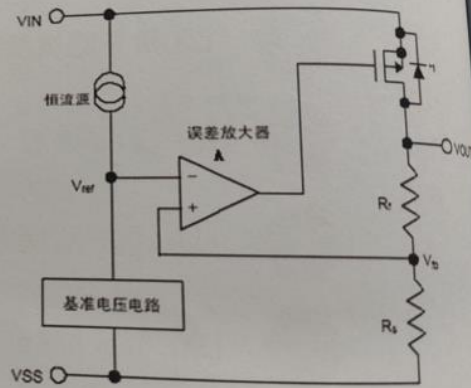


## 测试实战案例—LDO原理详解

如图LDO基本电路，主要由基准电压电路、MOSFET、反馈分压电阻 $R_s$ 和 $R_f$ 、误差比较放大器组成。通过误差放大器的输出电压，控制MOS管的导通程度，来间接控制 $V_{OUT}$ 输出电压。

基本工作原理： $V_{IN}$ 加电，电路开始启动，恒流源给整个电路提供偏置，基准源电压快速建立，输出随着输入不断上升，当输出即将达到规定值时，由反馈网络得到的输出反馈电压也接近于基准电压值，此时误差放大器将输出反馈电压和基准电压之间的误差小信号进行放大，再经调整管放大到输出，从而形成负反馈，保证了输出电压稳定在规定值上；同理如果输入电压变化或输出电流变化，这个闭环回路将使输出电压保持不变，即：

$$V_{OUT} = (R_f + R_s) / R_s * V_{ref}$$



## 测试实战案例-LDO 常见参数及意义

**输出电压(output voltage)**是 LDO 正常工作时输出的电压值，是 LDO 最重要的参数,是电子设备设计者选用 LDO 时首先考虑的参数。LDO 有固定输出电压和可调输出电压两种类型。

**输出电流(output current)**是指 LDO 输出电流大小的能力，用电设备的功率不同，要求 LDO 输出的最大电流也不相同。通常，输出电流越大的 LDO 成本越高。

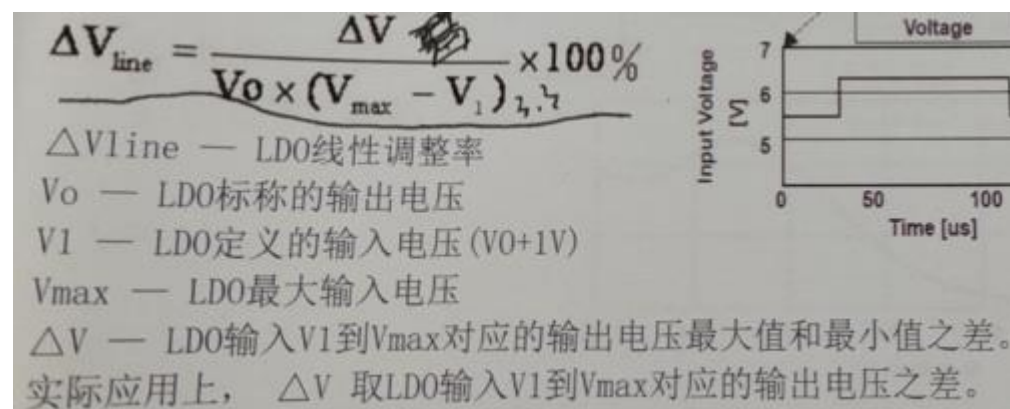
**接地电流 IGND** 是指 LDO 输出电流为零时，输入电源提供的 LDO 工作电流。该电流有时也称为静态电流  $I_q$  或者  $I_{cc}$ 。通常较理想的 LDO 的接地电流很小。

**关断电流 I<sub>shdn</sub>** 是指通过拉低 EN 使能端，让 LDO 不工作，此时的输入电源提供的电流，称之为关断电流，有时也称为待机电流 (standby current)

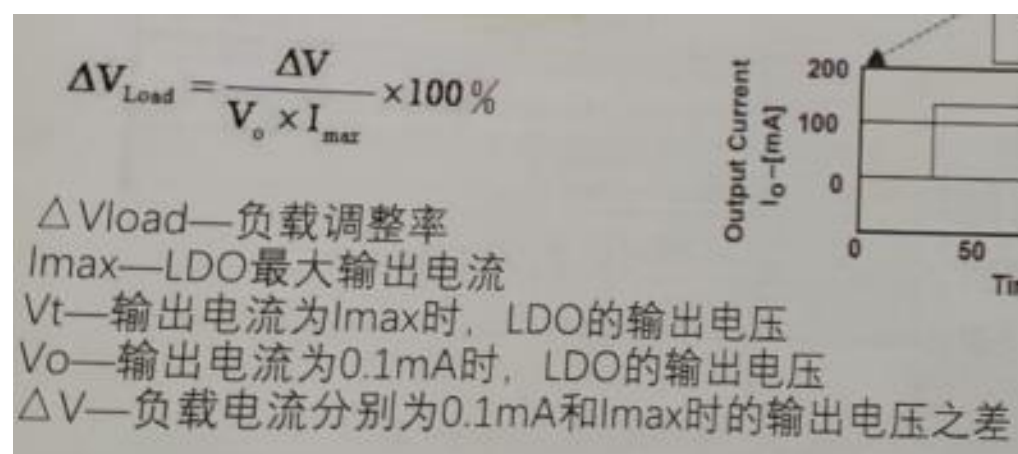
**线性调整率(line regulaion)**是指 LDO 的输入电压变化对输出电压



的影响，可以通过下图和公式来定义，LDO 的线性调整率越小，输入电压变化对输出电压影响越小，LDO 的性能越好。



负载调整率(load regulation)是指LDO 负载电流变化对输出电压的影响，LDO 的负载调整率越小，说明 LDO 抑制负载干扰的能力越强。



电源抑制比(PSRR)是指 LDO 对输入交流纹波的抑制能力，通常 dB 来表示，dB 值越高表示抑制越强，LDO 性能越好。

$$PSRR = \frac{V_{o, ripple}}{V_{i, ripple}} \text{ at all frequencies}$$

**输出电容器选择:**在 LDO 的规格书中都会指定最低电容值，并给出输出电容的 ESR 和输出电流。使用更大电容与较小的 ESR 会更稳定，同时能够改善输出瞬时响应。

**输入电容的选择:**输入电容是用来滤除输入电源纹波，应尽可能靠近 LDO 的输入端。利用较低 ESR 的大电容器一般可以全面提高电源抑制比(PSRR)、噪声以及瞬态性能。使用良好的陶瓷电容或钽容均可

## 测试实战案例一量产测试方案的制定

### 测试方案的要点:

#### 1、可靠性

量产测试作为芯片出货前最后一道检测工序，必须保证测试方案涵盖了所有必须检测的产品的功能和性能。

#### 2、可测性

测试方案中描述的测试项和测试参数必须是在量产测试中能够实现的。

#### 3、经济性

在满足以上两点的情况下，需要尽量保证整个测试方案的成本更低、效率更高、产能更足

### 测试方案的内容:

1、基本要素:产品名、程序名、测试板编号、ATE 型号等

2、芯片引脚定义:每个引脚的定义和简单的功能描述

3、测试电路:单 site 的测试电路和多 site 的资源定义

4、测试项目说明:测试项、测试参数、每个测试参数的测试方法

PASS 标准、分 bin 信息

## 5、附录:寄存器列表、特殊计算方法说明等

### 测试实战案例一量产测试方案的制定-OS

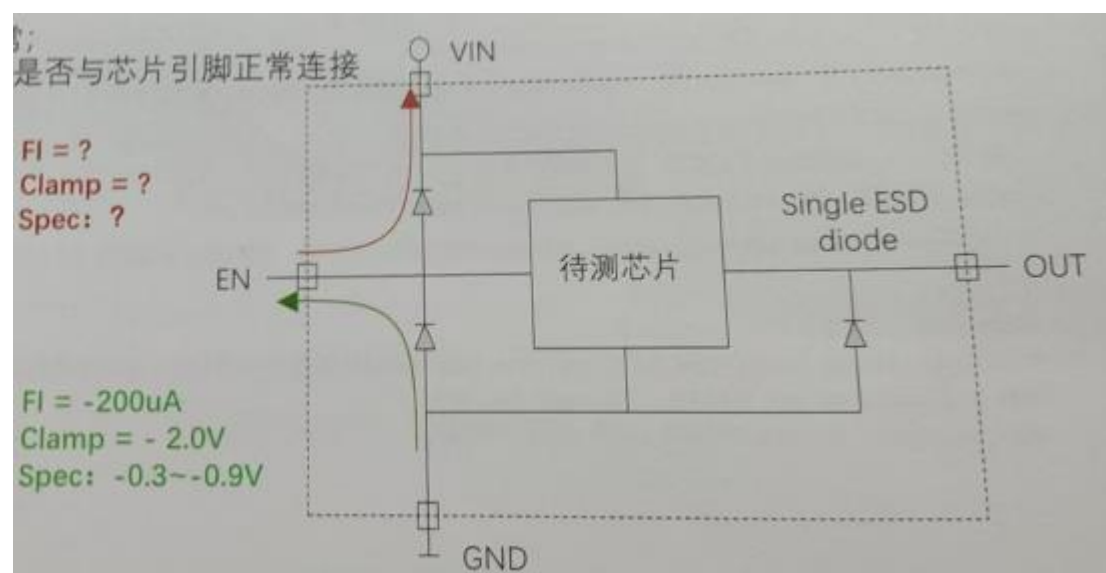
#### Open-short 测试原理:

通过测试芯片引脚对地(或对电源 PIN)二极管的电压，来判断开路或者短路。

万用表测量OS 方法:测量对地二极管，万用表打测量二极管档位，红表笔接地，黑表笔接待测 PIN，若读值显示 0.5V 左右即为正常，若显示接近 0V，则为短路，若显示超量程，则为开路。

作用:

- 1、判断芯片是否正常;
- 2、判断 ATE 资源通道是否与芯片引脚正常连接



### 测试实战案例一量产测试方案的制定-电流测试

参数定义及测试方法:

1、I<sub>gnd</sub>:芯片的静态电流，也称 I<sub>q</sub>, I<sub>cc</sub>, I<sub>dd</sub> 等，是指芯片工作后自身消耗的电流，当 EN 引脚为高电平时，此时的 V<sub>IN</sub> 流入芯片的电流，一般有负载比无负载时的电流要大一些。

2、I<sub>shdn</sub>:芯片关断后的自身消耗的电流，当 EN 引脚为低电平时，此时的 V<sub>IN</sub> 流入芯片的电流。

3、I<sub>cl</sub>:有时也称 I<sub>limit</sub>，芯片输出的最大电流，是芯片一种自我保护功能，当输出负载电流不断增大时大到一个极限就不会再增加了，此时的输出电压会缓慢降低，当降低到 0.9\*v<sub>out</sub> 时，此时的电流即为 I<sub>cl</sub>。

注意:I<sub>cl</sub> 电流比较大，注意 ATE 测试资源的选择:DVI

## 测试实战案例一量产测试方案的制定-电压测试

### 参数定义及测试方法:

1、V<sub>out</sub>:芯片的输出电压，V<sub>IN</sub> 给正常电压，EN 拉高，V<sub>OUT</sub> 有一定负载电流时的芯片输出电压，此电压越接近理想的输出电压 LDO 性能越好，此参数的 spec 以理想输出电压为中心值定义上下限或者百分比。

2、LNR:是指 LDO 的输入电压变化对输出电压的影响，影响越小，LDO 的性能越好。输入电压从正常电压，变化到最大输入电压，测试在有一定负载时的输出电压变化量。

3、LDR:是指 LDO 的输出负载电流变化对输出电压的影响，影响

越小，LDO 的性能越好。VIN 给正常电压，输出负载电流从 0mA 增加到 300mA 时，测试输出电压的变化量。

4、VDO:低压差 LDO 就是体现在这个参数上，在保证输出稳定的前提下，这个压差越低，LDO 性能越好测试时可以按手册给的条件进行，即:VIN 给  $0.98 \times V_{out}$ ，负载电流 300mA，此时的 VIN 和 VOUT 的电压差

**开尔文连接原理及作用:**

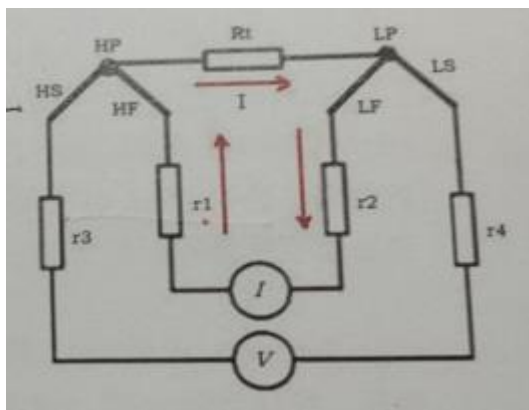
开尔文连接是通过**激励和测量分开**的方式，来**消除接触电阻、引线电阻对测量结果带来的影响**。每个测试点都有一条激励线 F 和一条检测线 S，二者严格分开，各自构成独立回路，同时要求 S 线必须接到一个有极高输入阻抗的测试回路上，使流过检测线 S 的电流极小，近似为零

**开尔文连接原理分析:**

由于流过测试回路(HS,LS)的电流为零，所以在  $r_3$ ， $r_4$  上的压降也为零，虽然激励电流 I 在  $r_1$ ， $r_2$  上有压降但不影响被测电阻上的压降，所以电压表可以准确测出  $R_t$  两端的电压值，从而准确测量出  $R_t$  的阻值。测试结果和  $r_1$ ， $r_2$ ， $r_3$ ， $r_4$  无关，有效地减小了测量误差。

按照作用和电位的高低，这四条线分别被称为高电位施加线(HF)、低电位施加线(LF)、高电位检测线 HS)和低电位检测线(LS)

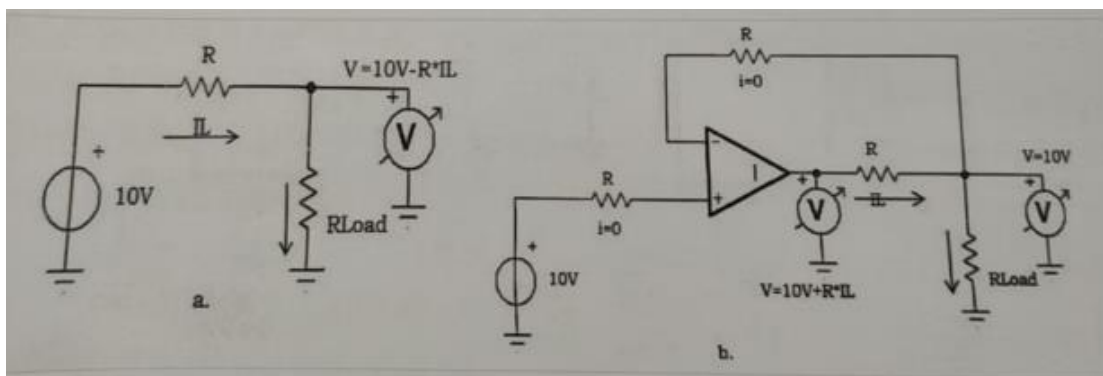




## 开尔文连接原理(Kelvin)

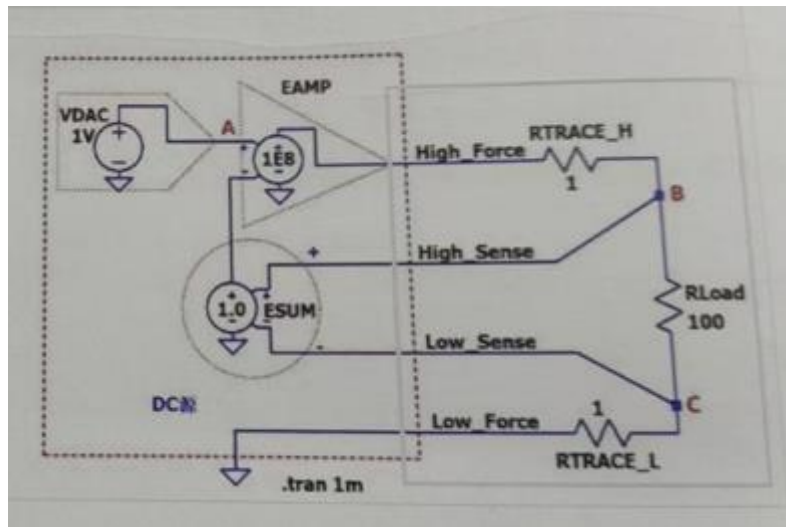
开尔文连接是一种用于模拟信号远传的连接方法。其特点是不在驱动器的输出端直接连接反馈到反向端，从而从负载端接到放大器/驱动器的反向端的一种连接方法，其目的是减小线路电阻引起的误差。

如下图 a, 负载电流和线路电阻会使负载产生一个误差压降 ( $V_{ERROR}=R*IL$ ), 而图 b 所示的连接克服了这个问题。放大器通过感测负载电压, 会纠正任何负载电压的误差。如图中所示, 放大器通过输出实际上是  $10V+V_{ERROR}$ , 而负载得到的却是期望的 10

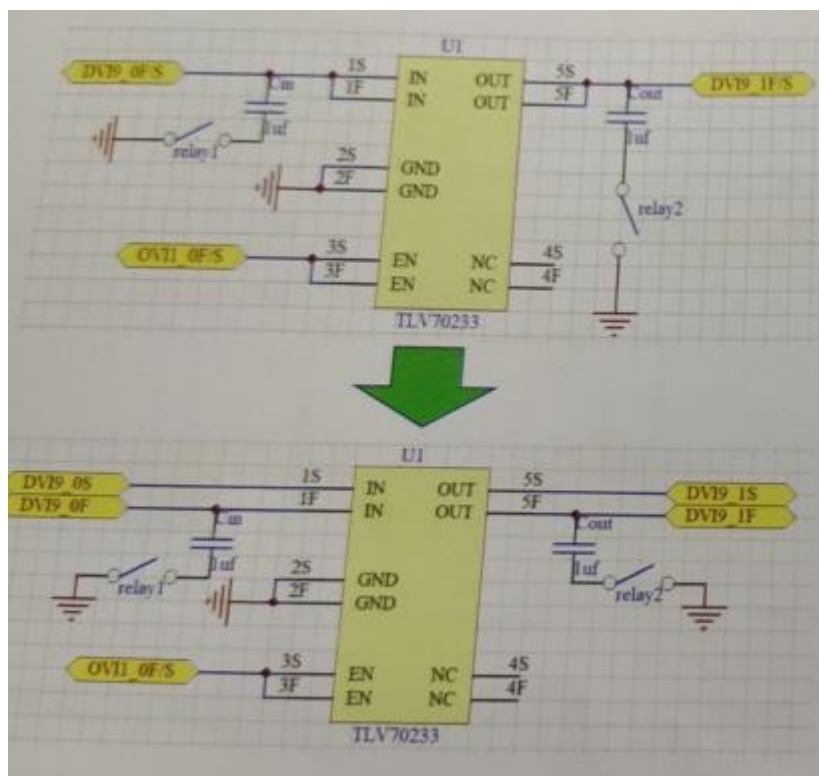


High Force 和 Low Force 就是走大电流的线路，统称为 Force 线，线路上的电阻就不能忽略。

High Sense 和 Low Sense，用于检测电压，统称为 Sense 线，通常为高阻，所以基本不走电流，线上的压降就可以忽略不计。



测试原理图改进:



开尔文连接注意事项:

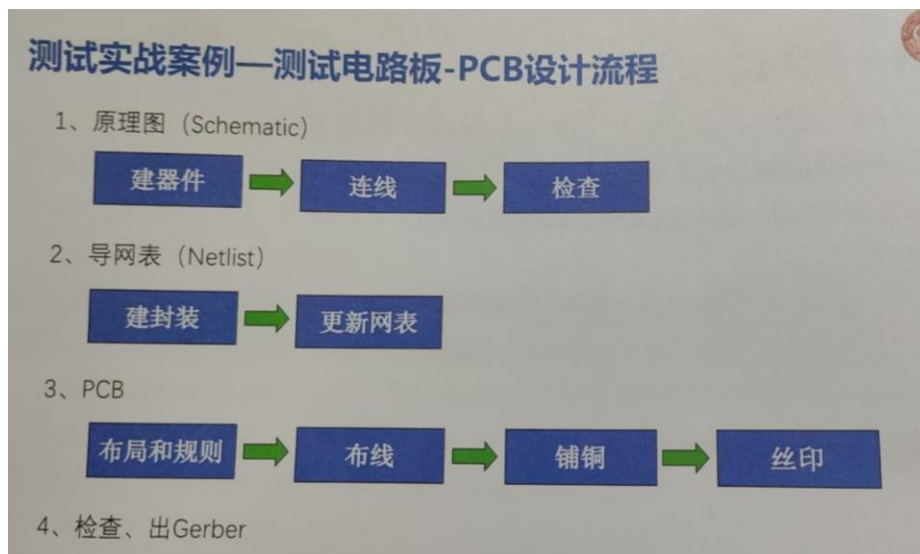
- 1、在需要精准测试或者施加电压，同时需要拉、灌电流时要采用 Kevin;
- 2、测量  $R_{dson}$  等小电阻时需要采用 Kevin;
- 3、数字 PIN 一般不需要 Kevin;
- 4、仅需要上拉、下拉的模拟 PIN 也不需要 Kevin;
- 5、采用 Kevin 连接，必须要配 Kevin 的 socket;
- 6、Kevin 的 socket 一般比普通 socket 要贵，所以没必要用 Kevin 的 PIN 尽量不用。

### 测试实战案例一测试电路板-PCB

PCB(Printed circuit Board):中文名称为印制电路板,又称印刷线路板,是重要的电子部件,是电子元器件的支撑体,是电子元器件电气连接的载体。由于它是采用电子印刷术制作的,故被称为“印刷”电路板。

PCB 结构:

- 1、信号层
- 2、内部电源层
- 3、丝印层
- 4、机械层
- 5、遮蔽层



## 测试数据分析-测试常见术语

### Accuracy 和 Precision:

**Accuracy-准确度**, 用来定义测试值与真实值的差异, 即到底准不准。通常会用正负多少或测试量程(满量程)的百分比来衡量该数值。

**Precision-精度**, 用来表示数据的变异大小, 也就是重复测量之间的差异性, 也可用 **Repeatability** 来表示。

### Resolution (Quantization Error) 测量分辨率、解析度

ATE 的测量会受到测量分辨率的影响。对于 ATE 来讲, 连续的模拟信号必需被转化为数字信号以后, 才能被测试主机存取到, 而用来转化模拟—数字信号的 ADCs 电路, 就决定了 ATE 的测量解析度。

**分辨率(Resolution):**可以测量的最小的信号

基于整个量程的分辨率计算

EX.16-bit(65536)A/D on  $\pm 2V(4V)$  range =  $60\mu V$

**准度(Accuracy):**测量值与真实值之间的差异.

**Repeatability(可重复性):**

要保证测量一致性，对于测试工程师来说，需要花费很多的时间来调试，因为随机误差的产生对测试一致性的影响，始终存在。事实上，如果当你在测量某个参数时，发现连续测试 10 次得到的数值都是完全一样的，这个时候，往往是表明该测试有问题。很有可能是，测量的量程过大，导致分辨率不够，而导致测量结果显示一样

**Reproducibility(再现性):**

Reproducibility 和 Repeatability 有着不同的概念，Repeatability 被定义于使用同一台测试设备，同一块测试板测试时，得到一致的测试结果。而 Reproducibility，则是从统计上来分析测试一致性，测试机台、测试人员、测试板的变化等，都必须保证其测试一致性。