

GOLD4P V1 USB HUB 电源分析



2008年11月2日

下图所见即为 GOLDP4 USB HUB 的 3.3v 电源部分的截图



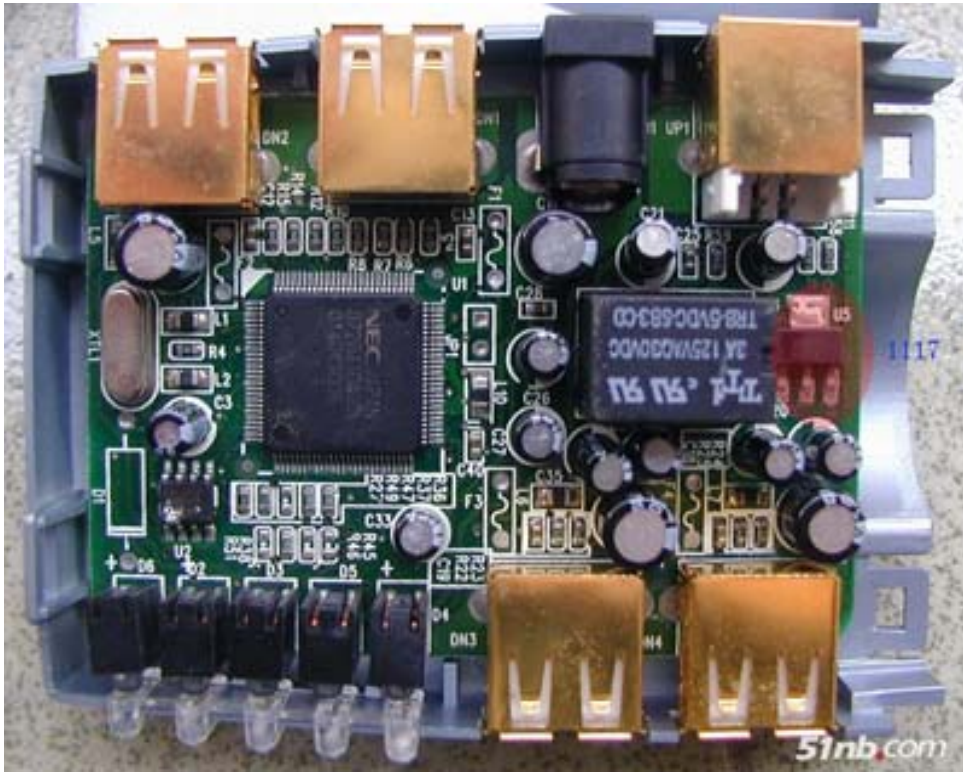
此模块的核心芯片为 TD1410，先来看看此芯片的介绍：

Features

- * **2A** Constant Output Current
- * **140mΩ** $R_{DS(on)}$ Internal Power PMOSFET Switch
- * Up to **95%** Efficiency
- * Fixed 380KHz Frequency
- * Wide **3.6V** to 20V Input Voltage Range
- * Output Adjustable from 1.222V to 18V
- * Built in Frequency Compensation
- * Built in Thermal Shutdown Function
- * Built in Current Limit Function
- * SOIC-8 Package is Available
- * The minimum dropout up to 0.3V

从上面的规格我们可以看出，这是一款规格很高的 DC-DC 电源芯片，整体效率高达 95%，最低电压低至 3.6V（这点很重要，稍后我们将会详细解说此点），同时具有 140mΩ 的低 RDS 电阻。

再来看看下图，



这是 51nb 上经典的一个 usb hub 测试文章中找到一幅截图，图中的 HUB 是评价很高的一款日本原产 APC USB HUB。在图中右中部，我们可以看到一颗 SOT-223 封装的 1117 LDO 芯片，其实在绝大多数的 hub 中，我们都可以看到 1117 的身影，她的任务就是作一个 5V 转 3.3V 以作为 HUB 芯片工作电源，同时芯片以此电源为源，自己再生成一个 2.5V 用作核心工作。要了解这个电源上的差别，我们得先看看 LDO 的原理：

LDO 的原理

低压差线性稳压器 (LDO) 的基本电路如图 1-1 所示，该电路由串联调整管 VT、取样电阻 R1 和 R2、比较放大器 A 组成。

取样电压加在比较器 A 的同相输入端，与加在反相输入端的基准电压 U_{ref} 相比较，两者的差值经放大器 A 放大后，控制串联调整管的压降，从而稳定输出电压。当输出电压 U_{out} 降低时，基准电压与取样电压的差值增加，比较放大器输出的驱动电流增加，串联调整管压降减小，从而使输出电压升高。相反，若输出电压 U_{out} 超过所需要的设定值，比较放大器输出的前驱动电流减小，从而使输出电压降低。供电过程中，输出

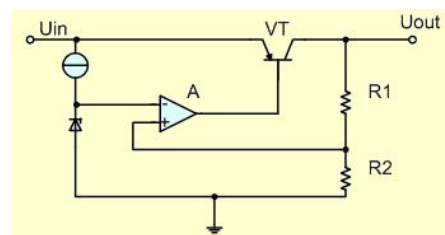
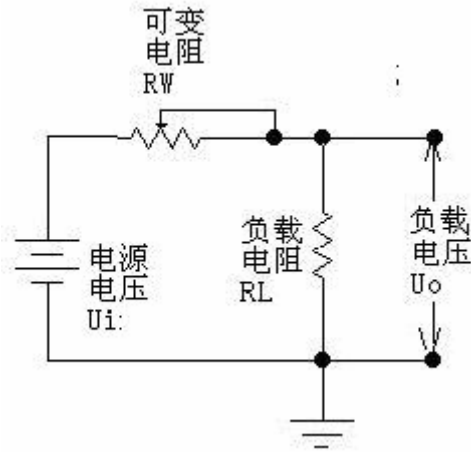


图 1-1 低压差线性稳压器基本电路

正德诚技术

电压校正连续进行，调整时间只受比较放大器和输出晶体管回路反应速度的限制。

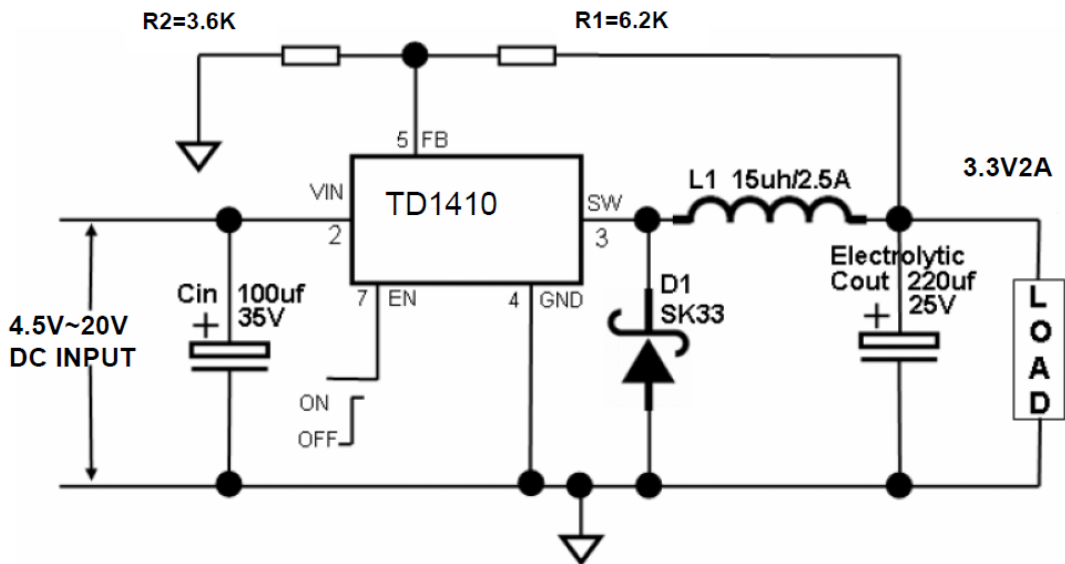
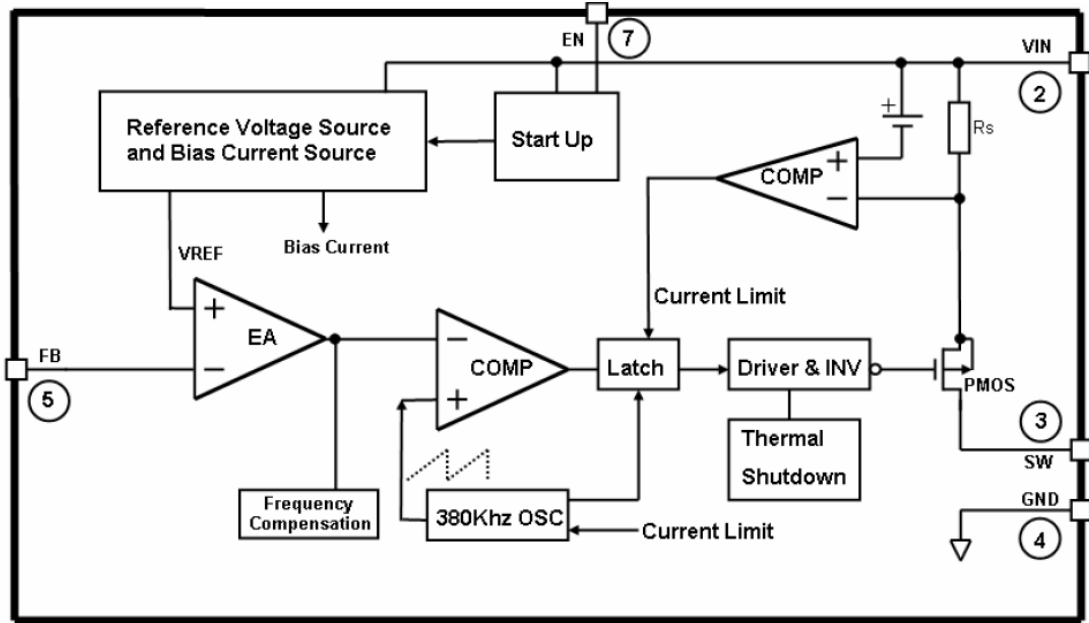
上面介绍里的调整管大家可能比较糊涂一点，来看个更简单的



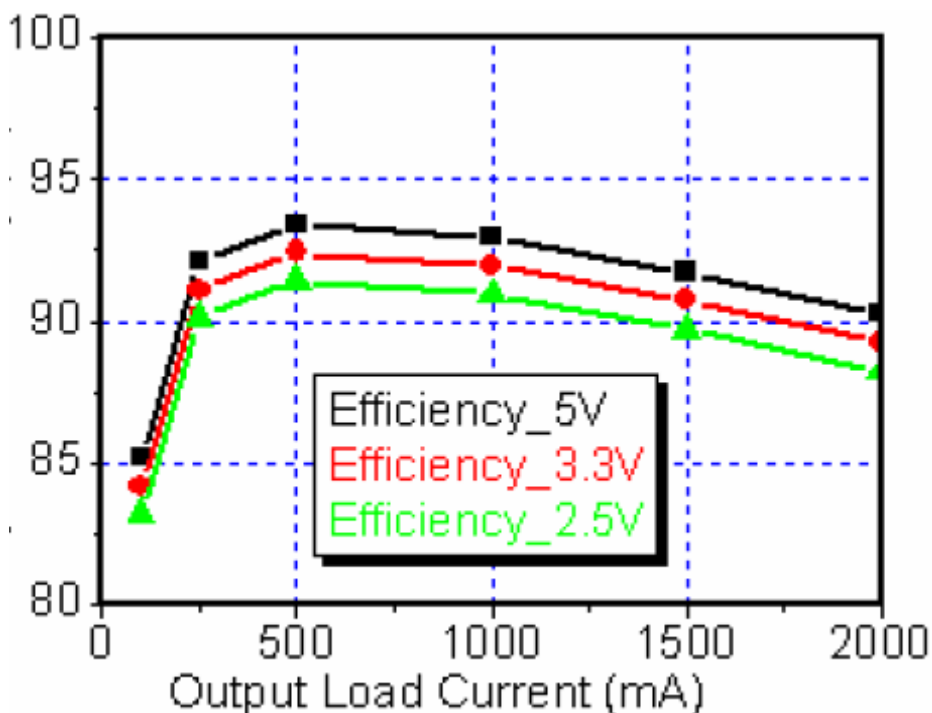
工作原理：如上图所示，可变电阻 R_W 跟负载电阻 R_L 组成一个分压电路，输出电压为： $U_o = U_i \times R_L / (R_W + R_L)$ ，因此通过调节 R_W 的大小，即可改变输出电压的大小。**请注意**，在这个式子里，如果我们只看可调电阻 R_W 的值变化， U_o 的输出并不是线性的，但如果把 R_W 和 R_L 一起看，则是线性的。

VT 如果光从原理和功能上来说，实现的就是一个电阻降压的功能，电阻消耗的能量不会平白无顾的消失的，它转化为了热能。如果只考虑简化模型的话，1117 这类线性稳压电源消耗的功率可表示为 $P = (V_i - V_o) \times I$ ，其中 (V_i 为输入电压， V_o 为输出电压， I 为输出电流)，转换效率为： $V_o I / V_i I = V_o / V_i$ ，就是转换效率可看成输出电压和输入电压的比值，这就是为什么现在 LDO 都朝着低压差方向发展，因为低压差才能尽可能的减少无为消耗在线性稳压电源上的功率。比如我们现在的场合， $3.3/5 = 66\%$ ，也就是说 1/3 的功率被白白消耗了。由于需要散发大量热量，我们看到的 1117 这类线性稳压电源上都有一个硕大的管脚，这个脚就负责将热量带到电路板上散热。

DC-DC 原理：



上两图分别是 TD1410 的内部结构图和典型电路图，看起来挺吓人的，其实原理不复杂。如果学过微积分，大家就会记得我们可以把曲线看成的无数个小长方形柱构成。我们熟悉的音响的采样频率也是根据奈奎斯特定理，采样频率只要达到信号最高频率的两倍，就能精确描述被采样的信号。DC-DC 也和这个类似，就是通过电子开关不断打开和关闭 Vin 和 Vout 的连接通道而达到给输出级的电感充电，电感是感性元件，在外部电压发生变化时就能产生一个反电势，通过一个反馈机制，我们控制开关的频率，就能在输出级得到需要的电压。而这个原理也决定了 DC-DC 输出级电容的重要性，这点我们将在以后专门讲电容的文章里再详细说明这个问题，在这里就不多论述了！由于 DC-DC 的原理就保证了其高效率，因为她不是靠电阻来降压的！下图是 TD1410 的效率图

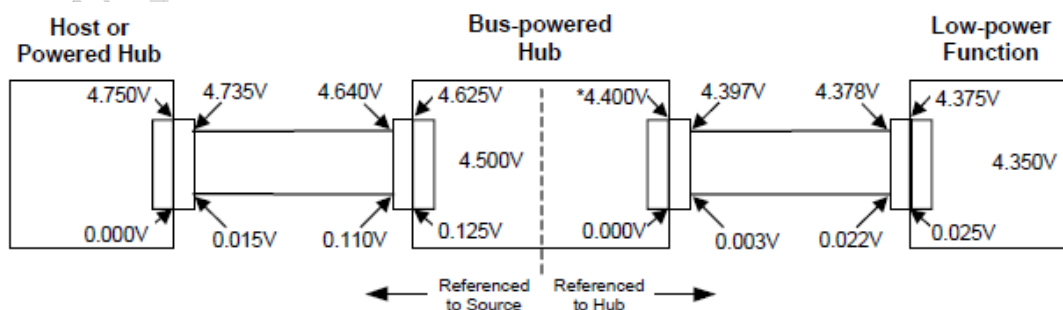


从上图可知，在绝大部分应用范围内，DC-DC 保证了 85%以上的效率，大部分区域都保证了 90%以上效率！

我们使用的这颗 μ PD720114，在 hub 芯片里，已经算是很省电的了，在 usb 2.0 high speed 四口全用模式下，最高需要 150ma/3.3v 的电流，也就是 0.495w，如果是用 1117，输入端需要 $0.495/66\%= 0.75w$ ，而 TD1410 只需要 $0.495/90\%=0.55w$ ，对于标准 USB 口来说，仅能提供 $5v*0.5A= 2.5w$ 的功率，0.2w 的功耗快占去 10%了，更何况 1117 还有一个散热问题！

1117 的压降

1117 已经是号称低压差的 LDO 了，最低压降要求是 1.2V，当然，这个称号可能是比较早之前的了，和现在 800mv，甚至 300mv 的器件没法比。 μ PD720114 外部供电要求是 3.3v，也就是说 1117 要求的最低供电电压是 $3.3+1.2=4.5V$ 。我们来看看



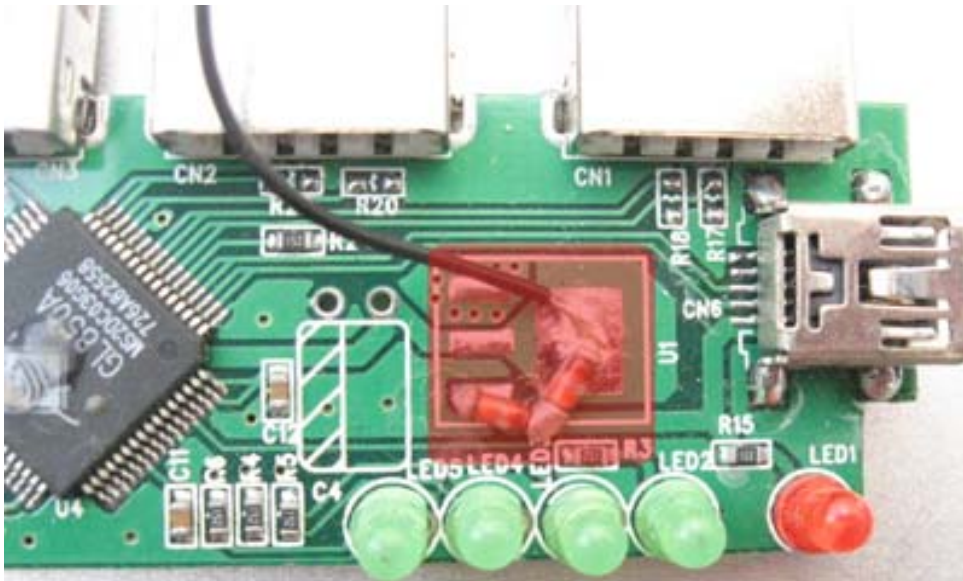
*Under transient conditions, supply at hub can drop from 4.400V to 4.070V

- All hubs and functions must be able to provide configuration information with as little as 4.40 V at the connector end of their upstream cables. Only low-power functions need to be operational with this minimum voltage.

正德诚技术

上面为 USB 2.0 协议规定的压降图示和文字说明，也就是说协议要求就算在 4.4V 压降的情况下，hub 也必须要为上游提供配置信息，而小于 4.5v，1117 是不可能输出 3.3v 电压的,而 TD1410 在这种情况下依然能正常工作。当然，这个情况比较极端，不过我们相信一句话，任何测试中偶然出现的问题，在实际应用中基本上会 100%出现。这句话是华为测试工作的一句经典总结，我想放在这里也是合适的！

那为什么大家都选用 1117 呢，这个其实很简单，成本，一切都是成本在作怪。DC-DC 的成本接近 1117 成本的 10 倍。给大家再看一张图，大家就知道什么叫省成本了。



看见图中红色加亮的地方没有，呵呵，利用二极管 0.7V 的压降，两个二极管 1.4V 压降，将 5V 电压降到 3.6V，利害吧，也大概只有中国人才想得出来这种招数，就象三聚氢铵一样。这个问题在哪里，其实就利用了 PN 结的压差，但是能量不会无缘无故消失的，PN 结温度会因为这个功耗升高，而 PN 结随温度升高，载流子活跃性会增多，随着这个进程，当温度高于一定值以后，整个 PN 结会产生雪崩，输出电压那就是天知道了。如果只是骗骗只用一、两个小 usb 设备的用户，估计问题不大，但如果是几个 usb 设备一上，又有 usb 硬盘这些大家伙，这个问题真是复杂了，大家最好就念“阿弥陀佛”好了！如果大家图便宜，10 几块钱的 hub 很可能就是这样的了，没办法啊，卖那么低，别人也想赚钱啊，只好偷工减料了，大家别一天到晚叫着“JS、JS”，也要从自身找找原因，一分钱一分货，你要拼命压价，别人也只好想办法来对付了。

在国外，兼容机是没什么市场的，我在法兰克福、慕尼黑都去专门找过在中国所谓的装机店，但是很遗憾，没有。在慕尼黑的火车站旁有 DIY 店，不过别人那是真正的 DIY,德国人玩机的水平是有目共睹的，所以里面的都是我看着天价的 DIY 产品。别人就用品牌机，为什么？一是国家经济比较发达，分工比较细，术业有专攻，该是专业人员做的事情就由专业人员做，给点钱就行了；二呢，最重要的，是诚信，在国内，打着某些知名大学的牌子或拼命靠做广告打牌子的产品，外观看着还是那么回事，但一打开，简直就是一垃圾堆，逼着不管什么行业的人要买电脑就得去做专家，大伙不觉得累吗？解决这些问题不是一天两天的

正德诚技术

事，但诚信和合理的利润应该才是电子产品生存和发展的王道！

www.newcathaytech.com