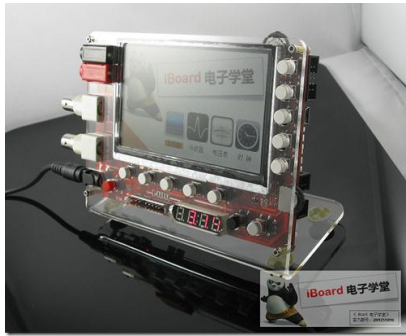


《iBoard 电子学堂》第一课：嵌入式系统电源设计

关于 《iBoard 电子学堂》



《iBoard 电子学堂》是一个综合型的电子研发开发平台，适合在校学生、一线工程师及电子爱好者等。

交流方式：

官方博客：XiaomaGee.cnblogs.com

官方论坛：www.oshcn.com

官方淘宝店铺：i-Board.taobao.com

QQ群：

《iBoard 电子学堂 群【A】》：204255896 (500 人，已满)

《iBoard 电子学堂 群【B】》：165201798 (500 人超级群)

《iBoard 电子学堂 群【C】》：215053598 (200 人高级群)

《iBoard 电子学堂 群【D】》：215054675 (200 人高级群)

《iBoard 电子学堂 群【E】》：215055211 (200 人高级群)

《iBoard 电子学堂 群【F】》：78538605 (200 人高级群)

王紫豪(15959622) 20:35:57

电子系统设计中，电源系统，往往会被工程师忽略

王紫豪(15959622) 20:36:10

大家都注重，用什么 CPU，性能多强多强，

王紫豪(15959622) 20:36:32

其实电源系统的设计，是一切系统可靠运行的根本

王紫豪(15959622) 20:36:49

优良的电源设计，能减少很多不必要的麻烦。

王紫豪(15959622) 20:37:19

这里我要说一下，本课程是面向基础的，不做深入讨论；水平比较高的网友，不要介意。

王紫豪(15959622) 20:38:18

本科所涉及到的电源，主要是低压电源系统，也是 DC，也就是直流电。关于市电的转换，不在本课程范围内。

王紫豪(15959622) 20:38:45

首先说一下常用的电源都是多少电压的。

王紫豪(15959622) 20:39:30

比较常用的正电源，为 5V / 12V / 24V / 3.3V ；

王紫豪(15959622) 20:39:53

如果涉及到模拟电路，则正负电源亦很常用

王紫豪(15959622) 20:40:13

如 正负 5V, +/- 12V, +/- 15V

王紫豪(15959622) 20:40:39

像 1.2V, 2.5V, 1.8V, 6V, 9V 有的时候也用到，并没有绝对的限制。

王紫豪(15959622) 20:41:11

每个系统，根据不同的特性，一般都涉及到一组到多组电源

王紫豪(15959622) 20:41:27

但是供电入口一般都比较单一

王紫豪(15959622) 20:41:40

我们用开发板子，大家都看到，



王紫豪(15959622) 20:42:18

像这样的居多，一般都是 5V、9V 或者 12V 的居多。

王紫豪(15959622) 20:42:36

还有 7.5V, 6V 的也有

王紫豪(15959622) 20:43:25



王紫豪(15959622) 20:43:35

实际上，这样的电源模块，工业上用的也比较多，

王紫豪(15959622) 20:44:01

他一般是输入 220v/110v 交流，然后输出一组或者多组电源。

王紫豪(15959622) 20:44:11

功率较大，一般都是几十瓦到上百瓦

王紫豪(15959622) 20:44:52

下面就涉及到一个比较现实的问题，我们怎么通过一路电源输入，变换到我们想要的其他电源呢？

王紫豪(15959622) 20:45:14

从原理上讲，有两种方法：

王紫豪(15959622) 20:45:43

第一：线性电压变换器，也就是线性电源

王紫豪(15959622) 20:46:14

第二种，是开关型电压变换器，也就是俗称的开关电源。

王紫豪(15959622) 20:46:55

从名字就能看出，线性电源和开关电源的区别。线性电源，是通过线性的方法，完成电压变换的，我们也可以说成“平稳”过度的

王紫豪(15959622) 20:47:25

开关电源，是通过开和“关”这两种状态，对储能元件进行充电、放电的原理，完成电源的变换。

王紫豪(15959622) 20:47:44

这里说一下，我们所说的储能元件，是指电感和电容

王紫豪(15959622) 20:47:52

电阻不能储能，他消耗能量

王紫豪(15959622) 20:48:07

我们就从实际出发，来举个例子

王紫豪(15959622) 20:48:31

假如我们输入 12V，需要 5V 输出，我们肿么办呢

王紫豪(15959622) 20:48:58

一般 5V 给 8051 单片机供电，我们就做这个最小系统，电源该如何设计呢？

王紫豪(15959622) 20:49:25

第一种方法：采用线性电源的方法

王紫豪(15959622) 20:49:42

也就是平常用的 7805 这类的方式，

王紫豪(15959622) 20:50:05

学校里，老师教的也比较多，当然，线性电源芯片有 很多种，7805 算是最常用的一个。

王紫豪(15959622) 20:50:25

线性电源有个特点，这个很关键

王紫豪(15959622) 20:50:35

就是输入电流基本上 = 输出电流

王紫豪(15959622) 20:51:26

如果系统需要 500mA 的电流，则，我们的输入功率为 $12V * 0.5A = 6W$ ；单片机及系统消耗的功率为 $5V * 0.5A = 2.5W$

王紫豪(15959622) 20:52:01

也就是我们系统仅仅需要 2.5W 的功率，我们却消耗了 6W，其余的 3.5W 去哪了呢？

答案就是：被消耗到 7805 上了，所以，这个系统 7805 会非常烫

王紫豪(15959622) 20:53:22

所以，12V 输入，5V 输出，500mA 的负载电流，用线性电源，不是一个好的方案。

王紫豪(15959622) 20:53:59

总结一下，线性电源的效率，近似等于 输出电压/输入电压

也就是我们刚才举例子的系统，效率才 5/12，可以说，浪费了一大半。

王紫豪(15959622) 20:54:42

这个时候，我们就需要用 DC-DC 的模式，来完成电压变换
采用最基本的 BUCK 电路。

buck，是一种结构。

王紫豪(15959622) 20:57:07

大家现在也不要纠结与具体的原理，就知道 buck 电路，是通过开关的模式，进行电源变换就可以了。

王紫豪(15959622) 20:57:15

他的优点只有一个：效率高！

王紫豪(15959622) 20:57:51

他其实是通过不断地把能量再电容、电感中来回变动，来达到电压变换的目的。

王紫豪(15959622) 20:58:21

说到这里，就说一下基本概念

王紫豪(15959622) 20:59:18

ldo 是 low dropout regulator

王紫豪(15959622) 20:59:23

也就是低压差线性稳压器

王紫豪(15959622) 20:59:34

他是线性电源的一种，特点就是“低压差”

王紫豪(15959622) 20:59:43

这个压差，是指输入到输出的压差，

王紫豪(15959622) 21:00:59

也就是，输入至少比输出高 2V 多，他才能工作。

王紫豪(15959622) 21:01:15

根据线性电源的效率公式

王紫豪(15959622) 21:01:26

压差越低，则效率越高。

王紫豪(15959622) 21:02:18

压差越低，则效率越高。所以，市面上出来了很多 LDO，目的就是提高效率，减小设计难

度

王紫豪(15959622) 21:02:44

我们常用的 1117，其实压差也不小

王紫豪(15959622) 21:02:56

大概在 1.2V 左右

王紫豪(15959622) 21:03:19

现在市面上很多压差做的很低，有的才几百 mV

王紫豪(15959622) 21:03:27

如 SPX3819，好像是 2、300mV，

王紫豪(15959622) 21:03:40

LDO 就说到这里，

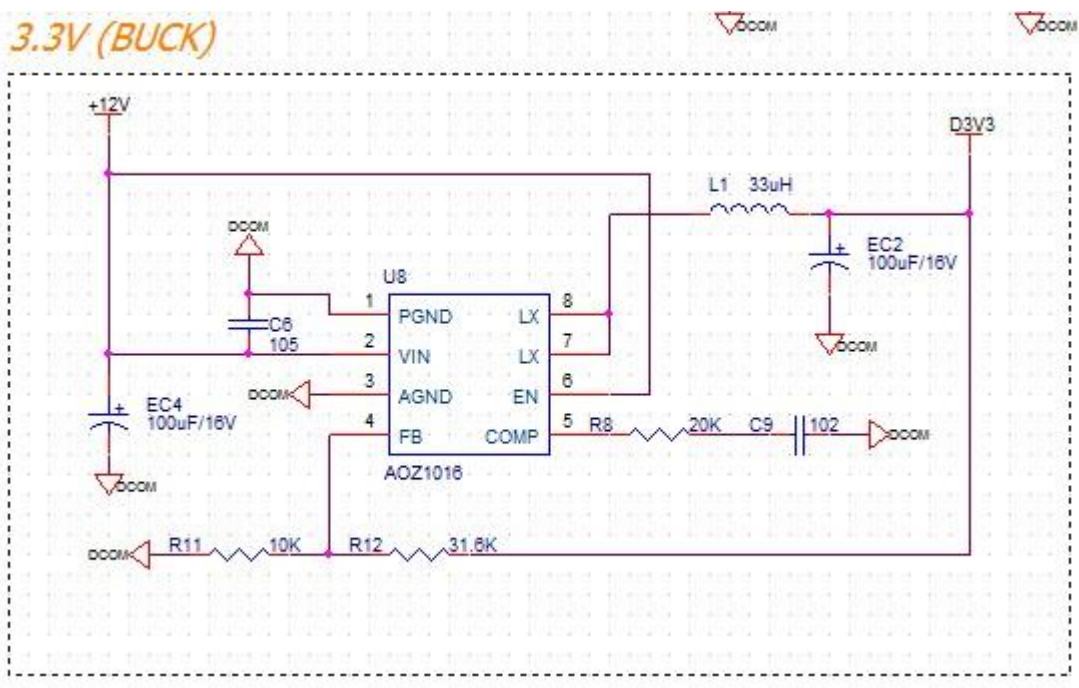
王紫豪(15959622) 21:03:44

继续说开关电源

王紫豪(15959622) 21:04:07

刚才说到 BUCK 电路，我发一个电路图，来说一下基本的 buck 结构。

王紫豪(15959622) 21:04:29



王紫豪(15959622) 21:04:46

为了有好的收看效果，建议大家把聊天窗口最大化。

王紫豪(15959622) 21:05:09

这是一个最基本的 BUCK 电路，用的芯片是 AOZ1016

王紫豪(15959622) 21:05:29

这个芯片很小，S08 封装，他却具有 两安培的输出能力。这就得益于他的效率高

王紫豪(15959622) 21:05:44

当然，输出电流和输入电压，都会影响到他的效率，但是波动不大

王紫豪(15959622) 21:06:10

aoz1016 ，官方说的效率能达到 95%

王紫豪(15959622) 21:06:32

所以，我们刚才提出的，从 12V 到 5V 的变换，用这个芯片是最合理的。

心理委员<daimingqing1988@126.com> 21:06:32

- 4.5V to 16V operating input voltage range
- 130mΩ internal PFET switch for high efficiency: up to 95%

王紫豪(15959622) 21:06:39

对的

王紫豪(15959622) 21:06:49

现实中，BUCK 芯片很多

王紫豪(15959622) 21:07:02

如最常用的 LM2576 / LM 2596 等

王紫豪(15959622) 21:07:06

是用的最多的。

王紫豪(15959622) 21:07:18

但是，这里要但是了。。。

王紫豪(15959622) 21:07:33

BUCK 也不是万能的。他也有自己显著的缺点

王紫豪(15959622) 21:07:48

1、只能做降压，也就是输出不能比输入高。

王紫豪(15959622) 21:08:07

2、由于是 DCDC，所以电路复杂（相对于 线性电源）

王紫豪(15959622) 21:08:33

大家都知道，7805 加俩电容都好使了，这个电路则需要电容、电感、反馈回路、续流二极管

王紫豪(15959622) 21:09:22

这里的器件，哪一个工作不正常，都有可能烧电路

王紫豪(15959622) 21:09:35

所以，初学者，一般都怕他

王紫豪(15959622) 21:10:03

buck 就说到这里，具体 buck 的原理，网上多得是，大家可以找来看看，很简单

王紫豪(15959622) 21:10:54

下面就说说，我如果不能提供 3V，怎么得到 5V 呢

王紫豪(15959622) 21:11:19

例如，我手头只有两节干电池（串联起来 3V），怎么得到 5V 呢？

王紫豪(15959622) 21:11:41

buck 电路很基本，大家找找看就是了。要说的话，说不完，或者等我的教程发布

王紫豪(15959622) 21:11:58

这里就要用到另一个基本的概念 BOOST

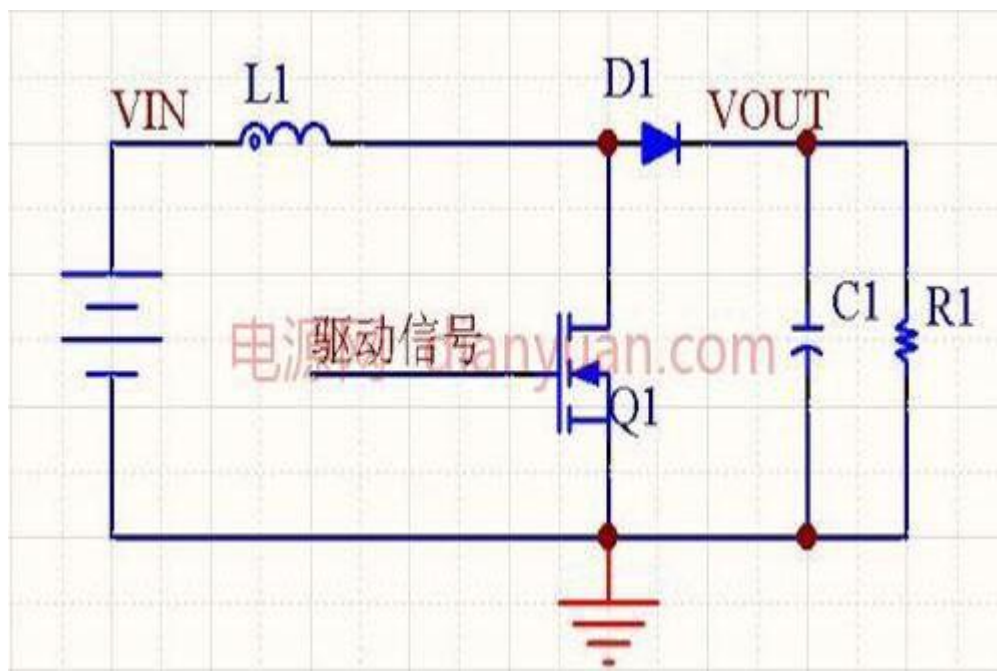
王紫豪(15959622) 21:12:16

它也是一种拓扑结构，常用于升压

王紫豪(15959622) 21:12:44

升压，线性电路就无能为力了，只能靠 开关电源

王紫豪(15959622) 21:13:01



王紫豪(15959622) 21:13:08

boost 原理如图所示

王紫豪(15959622) 21:13:41

他也是通过电感和电容的能量转换，达到升压的目的

王紫豪(15959622) 21:14:02

具体工作方式，需要画图描述，我就不说了，这里大家记住，boost 芯片能升压，就可以了。

王紫豪(15959622) 21:14:45

常用的 boost 芯片也很多，TI / 国半，凌特等都有，

王紫豪(15959622) 21:15:10

LM4510	Boost	
LM3430	Boost	
LM2751	Boost	
LM2750	Boost	
LMR64010	Boost	3V - 40
LMR62014	Boost	3V - 20
LM2753	Boost	
LM3311	Boost	Vin to 2
LM3310	Boost	Vin to 2
LM3224	Boost	Vin to 2
LM2733	Boost	Vin to 4
LM2731	Boost	1.23V to
LM2698	Boost	2.2V to
LM8850		3.6-5.

王紫豪(15959622) 21:15:24

这些芯片，都是 boost 芯片，国产的也有很多，特点是价格便宜，有的才几毛钱。

王紫豪(15959622) 21:15:34

锂电池供电的系统，大多数都有 boost 芯片。

王紫豪(15959622) 21:16:15

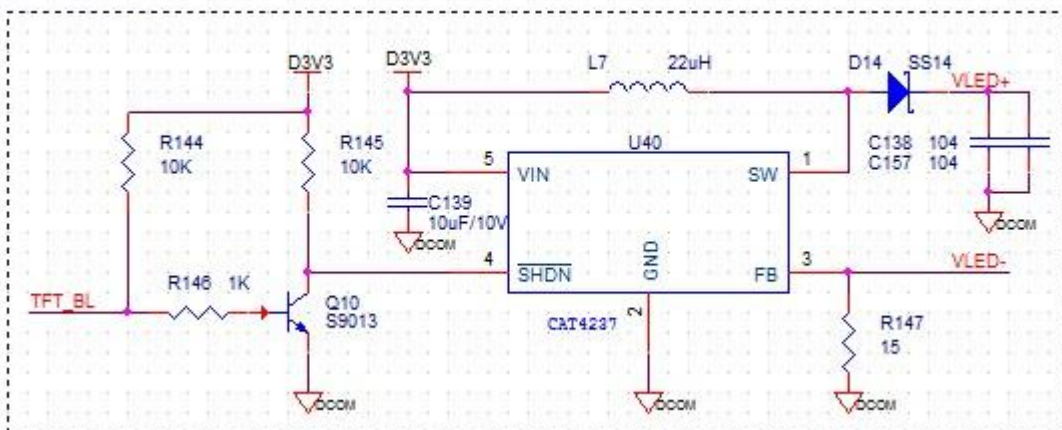
iBoard 系统中，液晶背光需要 20 多 V 的供电电压驱动

里面有 8 个白光 LED

所以，也包含了 boost 电路，如图所示。

王紫豪(15959622) 21:16:34

BACK LIGHT



王紫豪(15959622) 21:16:47

只是他是采集电流作为反馈端的。

王紫豪(15959622) 21:17:02

TFT_BL 通过 stm32 的 PWM 输出，来控制背光亮度。

王紫豪(15959622) 21:17:15

这就是 boost 电路。

王紫豪(15959622) 21:17:32

还有一种常用的情况，

王紫豪(15959622) 21:17:48

有的电路我们包含运放，需要正负供电，怎么办呢

王紫豪(15959622) 21:18:02

如示波器前端，波形发生器后端，都需要正负电源。。。

王紫豪(15959622) 21:18:09

这里我们可以通过四种方法

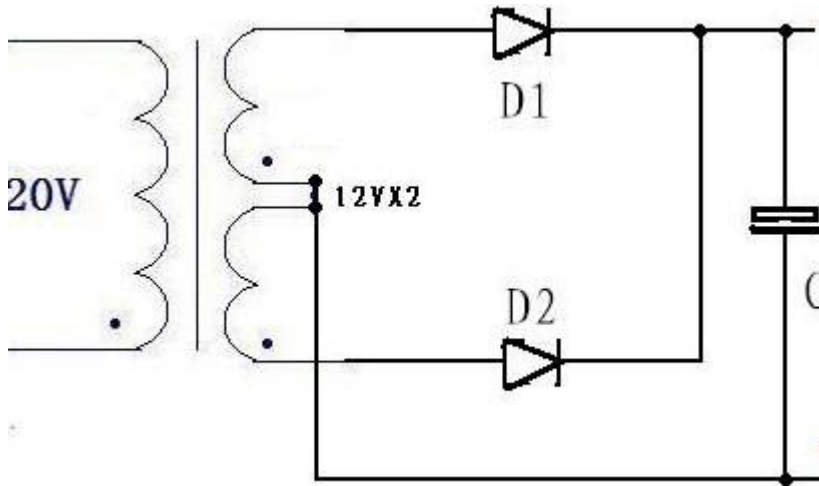
王紫豪(15959622) 21:18:22

第一种：通过变压器抽头的模式。

王紫豪(15959622) 21:19:18

220V，经过变压器变压，然后中间抽头作为公共端，再通过 78xx、79xx 稳压，就得到了 + 、-电源

王紫豪(15959622) 21:19:26



王紫豪(15959622) 21:19:31

网上找了个图，大家迁就着看。

王紫豪(15959622) 21:19:54

这种模式，电压器太大，都得大半斤。一般用于仪器内。

王紫豪(15959622) 21:20:09

但是好处也很多，噪声小，隔离。。。等等

王紫豪(15959622) 21:20:18

第二种方法：

王紫豪(15959622) 21:20:26

购买成熟的模块。

王紫豪(15959622) 21:20:56



王紫豪(15959622) 21:21:22

就像这样的模块，如金胜阳的，可以完成单电源向双电源变换。

王紫豪(15959622) 21:21:47

也是隔离的，内部结构，也是变压器结构。

王紫豪(15959622) 21:22:04

这种模块，一般都得 10 块钱以上，价格也不便宜，体积也大。

王紫豪(15959622) 21:22:15

但是很省事，加几个电容就可以了

王紫豪(15959622) 21:22:21

第三种方法：

王紫豪(15959622) 21:22:26

buck-boost 翻转电路

王紫豪(15959622) 21:23:02

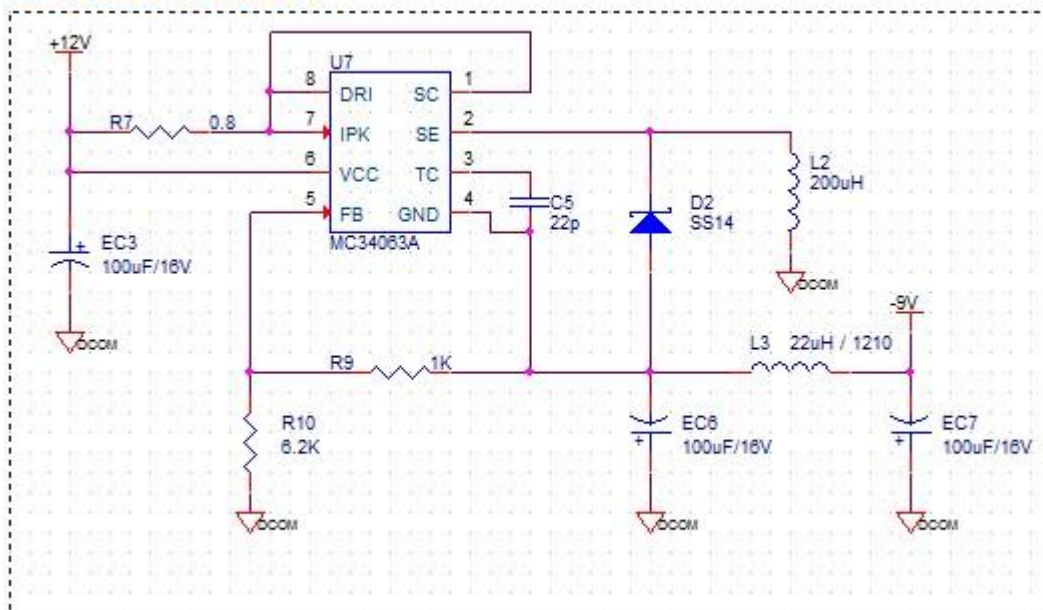
它也是一种经典的开关电源电路，通过 正输入，可以得到负电源。

王紫豪(15959622) 21:23:24

iBoard 模拟部分采用 +9V 供电，其 -9V 就是通过 翻转电路出来的。

王紫豪(15959622) 21:23:38

-9V (BUCK-BOOST)



王紫豪(15959622) 21:23:46

这是原理图。

王紫豪(15959622) 21:24:18

大家可以看出，buck、boost、buck-boost 等结构，使用的期间都是一样的

王紫豪(15959622) 21:24:23

只是组合模式不一样，

王紫豪(15959622) 21:24:34

一般，都包括电感、电容、肖特基二极管等

王紫豪(15959622) 21:24:59

后面加了一级 LC 滤波，是为了减小纹波。

王紫豪(15959622) 21:25:18

我测试了一下，不加 LC 的情况下 纹波达到 200mVpp
加上 LC 后，纹波减小到 20mVpp 以内。

王紫豪(15959622) 21:25:52

第四种方法：

王紫豪(15959622) 21:25:57

采用电荷泵的模式。

王紫豪(15959622) 21:26:15

电荷泵，也是一种电压变换模式。

王紫豪(15959622) 21:26:36

大家都知道，RS-232 协议中，

王紫豪(15959622) 21:26:50

0 和 1 逻辑，分别是正、负 n 伏

王紫豪(15959622) 21:27:10

我们平常，都是通过 MAX-232 等芯片做的变换。其实，max232 内部结构也是电荷泵。

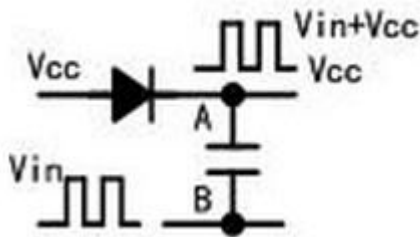
王紫豪(15959622) 21:27:37

电荷泵，组成部分包含了一个二极管，一个电容

王紫豪(15959622) 21:27:56

他可以升压，可以翻转电压

王紫豪(15959622) 21:28:08



王紫豪(15959622) 21:28:51

有一个芯片，叫 ICL7660，好像是

他其实就是利用开关电容的模式，吧正电压，变换成 负电压

王紫豪(15959622) 21:29:17

但是他也有他的局限性

王紫豪(15959622) 21:29:20

就是输出能力太弱

王紫豪(15959622) 21:31:02

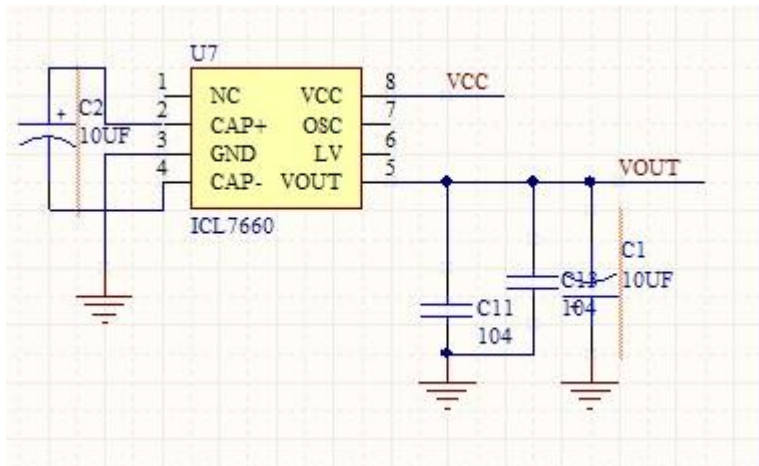
我说说肖特基二极管这个名词

王紫豪(15959622) 21:31:06

肖特基，其实是一个人

王紫豪(15959622) 21:31:18

肖特基二极管，使用它的名字命名的。



王紫豪(15959622) 21:31:47

肖特基二极管最大的优势是 速度快和正向压降低

王紫豪(15959622) 21:31:54

对，这就是 7660 的电路

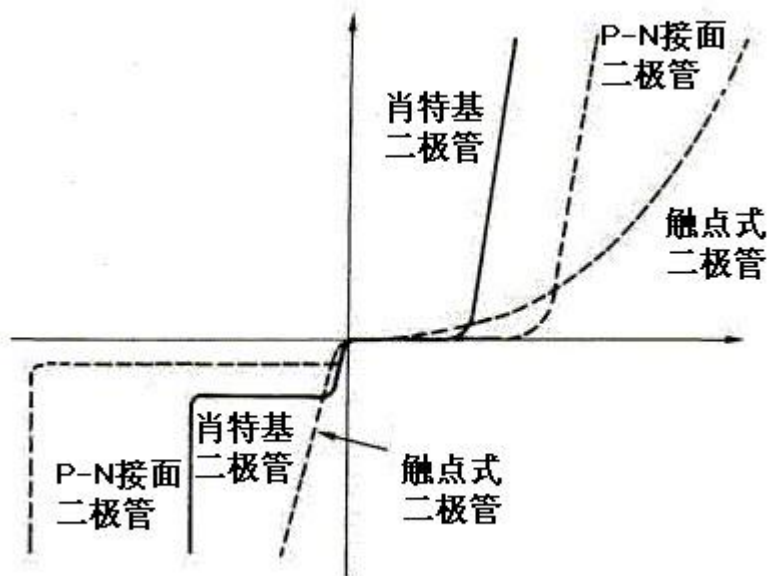
王紫豪(15959622) 21:32:16

他就是通过图中的 C2，来完成电压转换的

王紫豪(15959622) 21:32:22

缺点就是负载能力差，

王紫豪(15959622) 21:32:48



王紫豪(15959622) 21:32:55

大家看看肖特基二极管的特性曲线

王紫豪(15959622) 21:33:03

压降小很多

王紫豪(15959622) 21:33:14

这里我说一下，二极管的压降不是固定不变的。

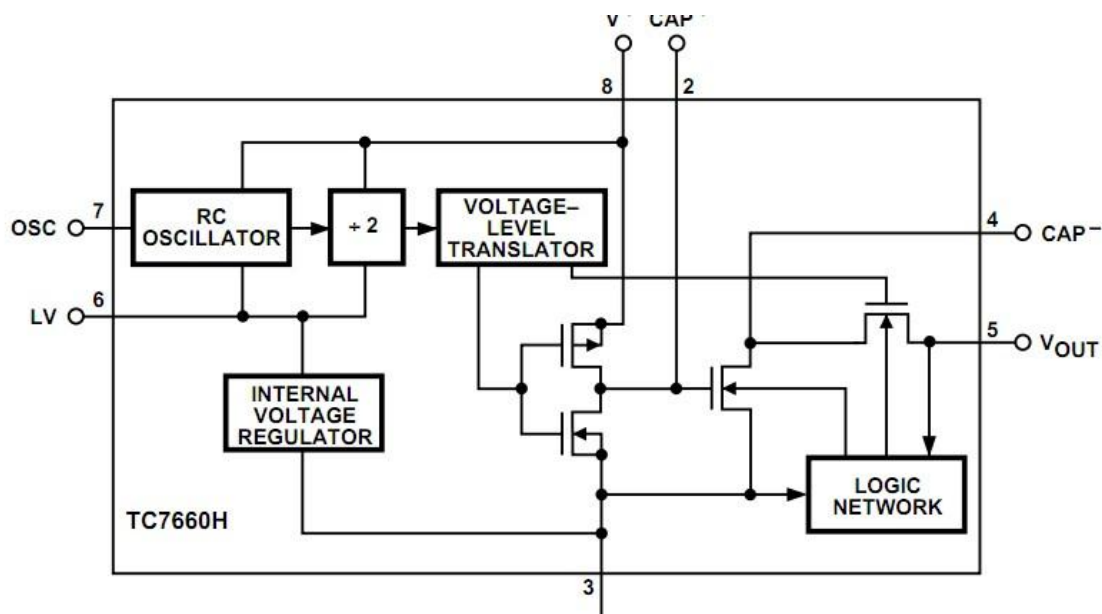
王紫豪(15959622) 21:33:21

一般地：电流越大，压降越大

王紫豪(15959622) 21:33:46

有压降，他自然会消耗能量；所以电流大的时候，肖特基二极管会烫的。

王紫豪(15959622) 21:34:22



王紫豪(15959622) 21:34:36

7660 的芯片结构，大家仔细研究一下，其实也很简单

yaoyyie2003(364995115) 21:35:04



王紫豪(15959622) 21:35:09

上面说了四种电压翻转的解决方案

王紫豪(15959622) 21:35:28

到这里，我们基本上讲完了，直流电压变换器的所有过程

王紫豪(15959622) 21:35:38

我说一下优缺点

线性电源优点：1、噪声小 2、电路简单

线性电源缺点：1、只能降压；2、效率低

开关电源优点：效率高，动态性能好，缺点：会对系统引入噪声

王紫豪(15959622) 21:37:25

所以，用什么电路，还需要根据实际情况

王紫豪(15959622) 21:37:39

如果电路是精密模拟电路，我们用线性电源好

王紫豪(15959622) 21:37:53

如果全是数字电路，并且电流很大，则，用 dc/dc 模式好

王紫豪(15959622) 21:38:07

我解释一下开关噪声

王紫豪(15959622) 21:38:26

开关电源工作过程，其实是一个来回开、关的过程

王紫豪(15959622) 21:38:42

也就是能量来回地，从电感到电容的变换

王紫豪(15959622) 21:39:07

大家都知道，方波的频谱是最杂的

王紫豪(15959622) 21:39:50

调节 pwm 的占空比，就能调节输出电压

王紫豪(15959622) 21:40:01

当然，这个是具有能量的，所以噪声，也是“有能量”的

王紫豪(15959622) 21:40:12

这就要求我们布线要相当可以才行

王紫豪(15959622) 21:40:52

总结一下，我们今天主要说了线性电源，buck、boost、buck-boost 开关电源。

王紫豪(15959622) 21:41:13

大家如果有兴趣，查一下这几个概念，先把概念搞懂。然后慢慢就用好了

王紫豪(15959622) 21:41:22

关于更深的技术，今天就不说了