

功率 MOSFET 选型的几点经验

作者: Hugo Yu

使用功率 MOSFET 也有两年多时间了,这方面的技术文章看了不少,但实际应用选型方面的文章不是很多。在此,根据学到的理论知识和实际经验,和广大同行一起分享、探讨交流下功率 MOSFET 的选型。

由于相应理论技术文章有很多介绍 MOSFET 参数和性能的,这里不作赘述,只对实际选型用图解和简单公式作简单通俗的讲解。另外,这里的功率 MOSFET 应用选型为功率开关应用,对于功率放大应用不一定适用。不正之处,希望大家不吝指正。

功率 MOSFET 的分类及优缺点

和小功率 MOSFET 类似,功率 MOSFET 也有分为 N 沟道和 P 沟道两大类;每个大类又分为增强型和耗尽型两种。虽然耗尽型较之增强型有不少的优势(请查阅资料,不详述),但实际上大部分功率 MOSFET 都是增强型的。(可能因为实际的制作工艺无法达到理论要求吧,看来理论总是跟实际有差距的,哈哈)

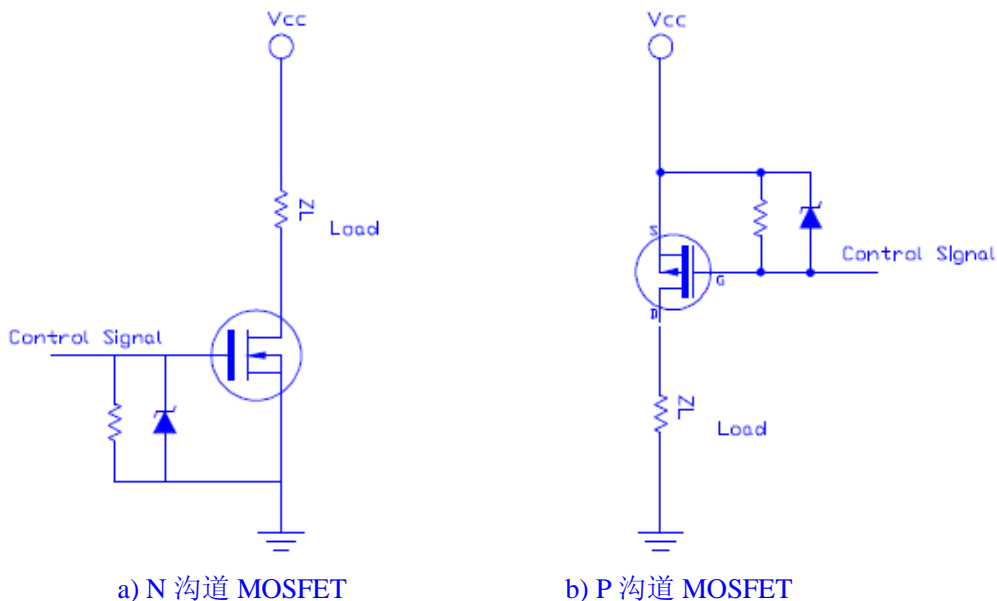
MOSFET 是电压控制型器件,三极管是电流控制型器件,这里说的优缺点当然是要跟功率三极管(GTR)来做比较的:优点—开关速度快、输入阻抗高、驱动方便等;缺点—难以制成高电压、大电流型器件,这是因为耐压高的功率 MOSFET 的通态电阻较大的缘故。

言归正传,下面来看看具体如何选型—

功率 MOSFET 的选型

1. 我的应用该选择哪种类型的 MOSFET?

前面说了,实际应用主要使用增强型功率 MOSFET,但到底该选择 N 沟道的还是 P 沟道的呢?如果你对这个问题有疑问,下面的图和注释会让你一目了然!



负载 (Load) 的连接方式决定了所选 MOSFET 的类型,这是出于对驱动电压的考虑。当负载接地时,采用 P 沟道 MOSFET;当负载连接电源电压时,选择 N 沟道 MOSFET。

2. 确定额定电压与额定电流

选好 MOSFET 的类型后，接下来要做的是确定在你的设计中，漏极和源级间可能承受的最大电压，即最大 V_{DS} 。MOSFET 能承受的最大电压会随温度变化，这是我们工程师在设计时必须考虑到的，必须在整个可能工作温度范围内测试电压变化范围。

接下来，说点实际的——

MOSFET 在关断瞬间，会承受最大的电压冲击，这个最大电压跟负载有很大关系：如果是阻性负载，那就是来自 V_{CC} 端的电压，但还需要考虑电源本身的质量，如果电源质量不佳，需要在前级加些必要的保护措施；如果是感性负载，那承受的电压会大不少，因为电感在关断瞬间会产生感生电动势（电磁感应定律），其方向与 V_{CC} 方向相同（楞次定律），承受的最大电压为 V_{CC} 与感生电动势之和；如果是变压器负载的话，在感性负载基础上还需要再加上漏感引起的感应电动势。

对于以上几种负载情况，在计算出（或测出）最大电压后，再留有 20%~30% 的裕量，就可以确定所需要的 MOSFET 的额定电压 V_{DS} 值。在这里需要说的是，为了更好的成本和更稳定的性能，可以选择在感性负载上并联续流二极管与电感在关断时构成续流回路，释放掉感生能量来保护 MOSFET，如果必要，还可以再加上 RC 缓冲电路（Snubber）来抑制电压尖峰。（注意二极管方向不要接反。当然，你也可以直接选择 V_{DS} 足够大的 MOSFET，前提是你不 care 成本。）

额定电压确定后，电流就可以计算出来了。但这里需要考虑两个参数：一个是连续工作电流值和脉冲电流尖峰值（Spike 和 Surge），这两个参数决定你应该选多大的额定电流值。

3. 导通电阻 R_{DS} 对于散热需求的意义

选好了 MOSFET 的类型和额定电压电流后，并不意味着你就已经选好了 MOSFET。告诉你，没那么简单！

对于做工程的工程师来说，设计是要做成最后的产品的，而产品有外壳或者封装，这必然对器件有空间要求。如果你有足够的空间来安装足够满足需求的散热装置，OK，那你已经可以定型你要的 MOSFET 了！但情况往往不是你想要的，你的产品也许外形非常小，或者你的产品外形非常薄，压根就不允许你安装额外的散热片，这时候怎么选 MOSFET 呢？这就是我下面要说的两种情况了——

- a) 允许在器件（贴片）下覆较大面积的铜，这就是所谓的 PCB 散热了，那么就要根据面积计算该 PCB 散热片的热阻（器件供应商一般会提供单位面积 PCB 散热片的热阻参数），然后再计算器件总的热阻。
- b) 不允许在贴片器件下铺设大面积的覆铜，那热阻就是器件本身的热阻了： $R_{\theta JC} + R_{\theta JC}$ ，这种情况下的热阻是三种情况中最大的。

得到了热阻值之后，再根据你的系统具体工作温度情况计算出器件的总功耗。然后可以估算出 MOSFET 的 R_{DS} 值。（关于热阻和功耗的具体理论和计算在我的另一篇博文 [《功率电子电路布局布线及散热处理》](#) 中有详细介绍。）

下面来具体讲讲如何根据功耗来估算 R_{DS} 值--

在《功率...》一文中讲过，功率器件的导通损耗和开关损耗构成了器件的总功耗。对于 MOSFET 来说，由于开关速度快，在估算时可以近似认为导通损耗为主要损耗。这样用总功耗除以工作电流的平方得到 R_{DS} 。 $R_{DS} \approx P/I^2_{LOAD}$ 当然，导通电阻值也是需要留有一定裕量的，因为这是近似计算的结果。这里计算需要考虑的情况是，导通电阻值是随温度而变化的（可选最大值作选择依据），而且也会受 V_{GS} 影响（ V_{GS} 越大， R_{DS} 越小），设计时要根据系统实际情况设定 V_{GS} 值。

开关损耗其实也是一个很重要的指标，一定程度上决定了器件的开关性能。不过，这里没必要进行复杂的计算，如果系统对开关性能要求比较高，可以选择栅极电荷 Q_G 比较小的功率 MOSFET。

总结

讲了这么多，自己也有点头大了，估计大家跟我也差不多。不想总结文章里的内容了，就说两句实在的吧：电子工程师存在的意义和价值并不只是把客户所需要的功能用电路来实现，而是花更少的成本来设计电路去满足客户相同的功能和性能！这也是前面长篇累牍总结如何合理选型的意义所在！

功率 MOSFET 选型的几点经验

作者: Hugo Yu

使用功率 MOSFET 也有两年多时间了,这方面的技术文章看了不少,但实际应用选型方面的文章不是很多。在此,根据学到的理论知识和实际经验,和广大同行一起分享、探讨交流下功率 MOSFET 的选型。

由于相应理论技术文章有很多介绍 MOSFET 参数和性能的,这里不作赘述,只对实际选型用图解和简单公式作简单通俗的讲解。另外,这里的功率 MOSFET 应用选型为功率开关应用,对于功率放大应用不一定适用。不正之处,希望大家不吝指正。

功率 MOSFET 的分类及优缺点

和小功率 MOSFET 类似,功率 MOSFET 也有分为 N 沟道和 P 沟道两大类;每个大类又分为增强型和耗尽型两种。虽然耗尽型较之增强型有不少的优势(请查阅资料,不详述),但实际上大部分功率 MOSFET 都是增强型的。(可能因为实际的制作工艺无法达到理论要求吧,看来理论总是跟实际有差距的,哈哈)

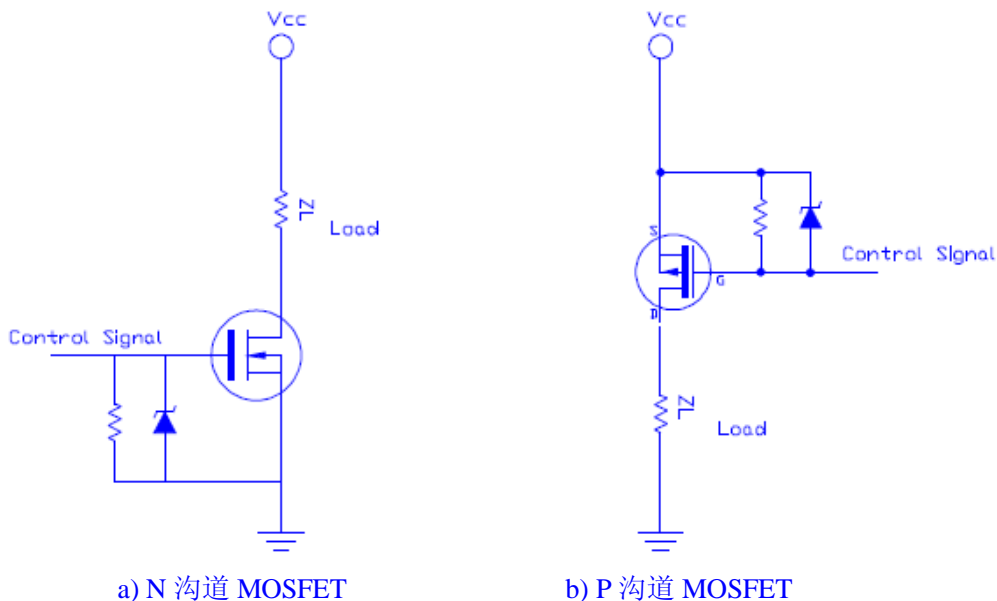
MOSFET 是电压控制型器件,三极管是电流控制型器件,这里说的优缺点当然是要跟功率三极管(GTR)来做比较的:优点—开关速度快、输入阻抗高、驱动方便等;缺点—难以制成高电压、大电流型器件,这是因为耐压高的功率 MOSFET 的通态电阻较大的缘故。

言归正传,下面来看看具体如何选型—

功率 MOSFET 的选型

1. 我的应用该选择哪种类型的 MOSFET?

前面说了,实际应用主要使用增强型功率 MOSFET,但到底该选择 N 沟道的还是 P 沟道的呢?如果你对这个问题有疑问,下面的图和注释会让你一目了然!



负载 (Load) 的连接方式决定了所选 MOSFET 的类型,这是出于对驱动电压的考虑。当负载接地时,采用 P 沟道 MOSFET;当负载连接电源电压时,选择 N 沟道 MOSFET。

2. 确定额定电压与额定电流

选好 MOSFET 的类型后，接下来要做的是确定在你的设计中，漏极和源级间可能承受的最大电压，即最大 V_{DS} 。MOSFET 能承受的最大电压会随温度变化，这是我们工程师在设计时必须考虑到的，必须在整个可能工作温度范围内测试电压变化范围。

接下来，说点实际的——

MOSFET 在关断瞬间，会承受最大的电压冲击，这个最大电压跟负载有很大关系：如果是阻性负载，那就是来自 V_{CC} 端的电压，但还需要考虑电源本身的质量，如果电源质量不佳，需要在前级加些必要的保护措施；如果是感性负载，那承受的电压会大不少，因为电感在关断瞬间会产生感生电动势（电磁感应定律），其方向与 V_{CC} 方向相同（楞次定律），承受的最大电压为 V_{CC} 与感生电动势之和；如果是变压器负载的话，在感性负载基础上还需要再加上漏感引起的感应电动势。

对于以上几种负载情况，在计算出（或测出）最大电压后，再留有 20%~30% 的裕量，就可以确定所需要的 MOSFET 的额定电压 V_{DS} 值。在这里需要说的是，为了更好的成本和更稳定的性能，可以选择在感性负载上并联续流二极管与电感在关断时构成续流回路，释放掉感生能量来保护 MOSFET，如果必要，还可以再加上 RC 缓冲电路（Snubber）来抑制电压尖峰。（注意二极管方向不要接反。当然，你也可以直接选择 V_{DS} 足够大的 MOSFET，前提是你不 care 成本。）

额定电压确定后，电流就可以计算出来了。但这里需要考虑两个参数：一个是连续工作电流值和脉冲电流尖峰值（Spike 和 Surge），这两个参数决定你应该选多大的额定电流值。

3. 导通电阻 R_{DS} 对于散热需求的意义

选好了 MOSFET 的类型和额定电压电流后，并不意味着你就已经选好了 MOSFET。告诉你，没那么简单！

对于做工程的工程师来说，设计是要做成最后的产品的，而产品有外壳或者封装，这必然对器件有空间要求。如果你有足够的空间来安装足够满足需求的散热装置，OK，那你已经可以定型你要的 MOSFET 了！但情况往往不是你想要的，你的产品也许外形非常小，或者你的产品外形非常薄，压根就不允许你安装额外的散热片，这时候怎么选 MOSFET 呢？这就是我下面要说的两种情况了——

- a) 允许在器件（贴片）下覆较大面积的铜，这就是所谓的 PCB 散热了，那么就要根据面积计算该 PCB 散热片的热阻（器件供应商一般会提供单位面积 PCB 散热片的热阻参数），然后再计算器件总的热阻。
- b) 不允许在贴片器件下铺设大面积的覆铜，那热阻就是器件本身的热阻了： $R_{\theta JC} + R_{\theta JC}$ ，这种情况下的热阻是三种情况中最大的。

得到了热阻值之后，再根据你的系统具体工作温度情况计算出器件的总功耗。然后可以估算出 MOSFET 的 R_{DS} 值。（关于热阻和功耗的具体理论和计算在我的另一篇博文 [《功率电子电路布局布线及散热处理》](#) 中有详细介绍。）

下面来具体讲讲如何根据功耗来估算 R_{DS} 值——

在《功率...》一文中讲过，功率器件的导通损耗和开关损耗构成了器件的总功耗。对于 MOSFET 来说，由于开关速度快，在估算时可以近似认为导通损耗为主要损耗。这样用总功耗除以工作电流的平方得到 R_{DS} 。 $R_{DS} \approx P/I^2_{LOAD}$ 当然，导通电阻值也是需要留有一定裕量的，因为这是近似计算的结果。这里计算需要考虑的情况是，导通电阻值是随温度而变化的（可选最大值作选择依据），而且也会受 V_{GS} 影响（ V_{GS} 越大， R_{DS} 越小），设计时要根据系统实际情况设定 V_{GS} 值。

开关损耗其实也是一个很重要的指标，一定程度上决定了器件的开关性能。不过，这里没必要进行复杂的计算，如果系统对开关性能要求比较高，可以选择栅极电荷 Q_G 比较小的功率 MOSFET。

总结

讲了这么多，自己也有点头大了，估计大家跟我也差不多。不想总结文章里的内容了，就说两句实在的吧：电子工程师存在的意义和价值并不只是把客户所需要的功能用电路来实现，而是花更少的成本来设计电路去满足客户相同的功能和性能！这也是前面长篇累牍总结如何合理选型的意义所在！

请关注我的博客：Hugo 的模拟人生
<http://blog.ednchina.com/crespohugo/>

功率 MOSFET 选型的几点经验

作者: Hugo Yu

使用功率 MOSFET 也有两年多时间了,这方面的技术文章看了不少,但实际应用选型方面的文章不是很多。在此,根据学到的理论知识和实际经验,和广大同行一起分享、探讨交流下功率 MOSFET 的选型。

由于相应理论技术文章有很多介绍 MOSFET 参数和性能的,这里不作赘述,只对实际选型用图解和简单公式作简单通俗的讲解。另外,这里的功率 MOSFET 应用选型为功率开关应用,对于功率放大应用不一定适用。不正之处,希望大家不吝指正。

功率 MOSFET 的分类及优缺点

和小功率 MOSFET 类似,功率 MOSFET 也有分为 N 沟道和 P 沟道两大类;每个大类又分为增强型和耗尽型两种。虽然耗尽型较之增强型有不少的优势(请查阅资料,不详述),但实际上大部分功率 MOSFET 都是增强型的。(可能因为实际的制作工艺无法达到理论要求吧,看来理论总是跟实际有差距的,哈哈)

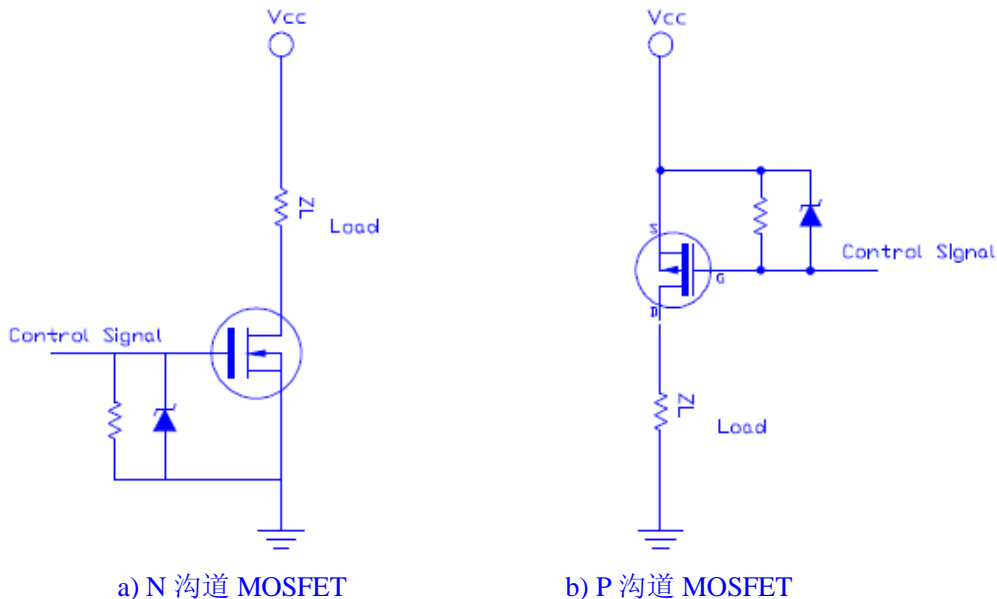
MOSFET 是电压控制型器件,三极管是电流控制型器件,这里说的优缺点当然是要跟功率三极管(GTR)来做比较的:优点—开关速度快、输入阻抗高、驱动方便等;缺点—难以制成高电压、大电流型器件,这是因为耐压高的功率 MOSFET 的通态电阻较大的缘故。

言归正传,下面来看看具体如何选型—

功率 MOSFET 的选型

1. 我的应用该选择哪种类型的 MOSFET?

前面说了,实际应用主要使用增强型功率 MOSFET,但到底该选择 N 沟道的还是 P 沟道的呢?如果你对这个问题有疑问,下面的图和注释会让你一目了然!



负载 (Load) 的连接方式决定了所选 MOSFET 的类型,这是出于对驱动电压的考虑。当负载接地时,采用 P 沟道 MOSFET;当负载连接电源电压时,选择 N 沟道 MOSFET。

2. 确定额定电压与额定电流

选好 MOSFET 的类型后，接下来要做的是确定在你的设计中，漏极和源级间可能承受的最大电压，即最大 V_{DS} 。MOSFET 能承受的最大电压会随温度变化，这是我们工程师在设计时必须考虑到的，必须在整个可能工作温度范围内测试电压变化范围。

接下来，说点实际的——

MOSFET 在关断瞬间，会承受最大的电压冲击，这个最大电压跟负载有很大关系：如果是阻性负载，那就是来自 V_{CC} 端的电压，但还需要考虑电源本身的质量，如果电源质量不佳，需要在前级加些必要的保护措施；如果是感性负载，那承受的电压会大不少，因为电感在关断瞬间会产生感生电动势（电磁感应定律），其方向与 V_{CC} 方向相同（楞次定律），承受的最大电压为 V_{CC} 与感生电动势之和；如果是变压器负载的话，在感性负载基础上还需要再加上漏感引起的感应电动势。

对于以上几种负载情况，在计算出（或测出）最大电压后，再留有 20%~30% 的裕量，就可以确定所需要的 MOSFET 的额定电压 V_{DS} 值。在这里需要说的是，为了更好的成本和更稳定的性能，可以选择在感性负载上并联续流二极管与电感在关断时构成续流回路，释放掉感生能量来保护 MOSFET，如果必要，还可以再加上 RC 缓冲电路（Snubber）来抑制电压尖峰。（注意二极管方向不要接反。当然，你也可以直接选择 V_{DS} 足够大的 MOSFET，前提是你不 care 成本。）

额定电压确定后，电流就可以计算出来了。但这里需要考虑两个参数：一个是连续工作电流值和脉冲电流尖峰值（Spike 和 Surge），这两个参数决定你应该选多大的额定电流值。

3. 导通电阻 R_{DS} 对于散热需求的意义

选好了 MOSFET 的类型和额定电压电流后，并不意味着你就已经选好了 MOSFET。告诉你，没那么简单！

对于做工程的工程师来说，设计是要做成最后的产品的，而产品有外壳或者封装，这必然对器件有空间要求。如果你有足够的空间来安装足够满足需求的散热装置，OK，那你已经可以定型你要的 MOSFET 了！但情况往往不是你想要的，你的产品也许外形非常小，或者你的产品外形非常薄，压根就不允许你安装额外的散热片，这时候怎么选 MOSFET 呢？这就是我下面要说的两种情况了——

- a) 允许在器件（贴片）下覆较大面积的铜，这就是所谓的 PCB 散热了，那么就要根据面积计算该 PCB 散热片的热阻（器件供应商一般会提供单位面积 PCB 散热片的热阻参数），然后再计算器件总的热阻。
- b) 不允许在贴片器件下铺设大面积的覆铜，那热阻就是器件本身的热阻了： $R_{\theta JC} + R_{\theta JC}$ ，这种情况下的热阻是三种情况中最大的。

得到了热阻值之后，再根据你的系统具体工作温度情况计算出器件的总功耗。然后可以估算出 MOSFET 的 R_{DS} 值。（关于热阻和功耗的具体理论和计算在我的另一篇博文 [《功率电子电路布局布线及散热处理》](#) 中有详细介绍。）

下面来具体讲讲如何根据功耗来估算 R_{DS} 值——

在《功率...》一文中讲过，功率器件的导通损耗和开关损耗构成了器件的总功耗。对于 MOSFET 来说，由于开关速度快，在估算时可以近似认为导通损耗为主要损耗。这样用总功耗除以工作电流的平方得到 R_{DS} 。 $R_{DS} \approx P/I^2_{LOAD}$ 当然，导通电阻值也是需要留有一定裕量的，因为这是近似计算的结果。这里计算需要考虑的情况是，导通电阻值是随温度而变化的（可选最大值作选择依据），而且也会受 V_{GS} 影响（ V_{GS} 越大， R_{DS} 越小），设计时要根据系统实际情况设定 V_{GS} 值。

开关损耗其实也是一个很重要的指标，一定程度上决定了器件的开关性能。不过，这里没必要进行复杂的计算，如果系统对开关性能要求比较高，可以选择栅极电荷 Q_G 比较小的功率 MOSFET。

总结

讲了这么多，自己也有点头大了，估计大家跟我也差不多。不想总结文章里的内容了，就说两句实在的吧：电子工程师存在的意义和价值并不只是把客户所需要的功能用电路来实现，而是花更少的成本来设计电路去满足客户相同的功能和性能！这也是前面长篇累牍总结如何合理选型的意义所在！

请关注我的博客：Hugo 的模拟人生
<http://blog.ednchina.com/crespohugo/>