

## 正确选择CMOS模拟开关的建议

集成模拟开关常常用作模拟信号与数字控制器的接口。当今市场上的模拟开关数量众多，产品设计人员需要考虑多项性能标准。同时也有许多35年前开发的标准CMOS开关已经发展为专用的开关电路。

本文回顾标准CMOS模拟开关的基本结构并介绍常见模拟开关参数，例如导通电阻( $R_{ON}$ )、 $R_{ON}$ 平坦度、漏电流、电荷注入及关断隔离。文中讨论最新模拟开关的性能改善：更好的开关特性、更低的供电电压，以及更小的封装。也介绍了专用的特性，例如故障保护、ESD保护、校准型多路复用器(cal-mux)和加载-感应功能。介绍了适用于视频、高速USB、HDMI和PCIe的专用开关。

### 标准模拟开关基础

传统模拟开关的结构如图1所示。将n沟道MOSFET与p沟道MOSFET并联，可使信号在两个方向上同等顺畅地通过。n沟道与p沟道器件之间承载信号电流的多少由输入与输出电压比决定。由于开关对电流流向不存在选择问题，因而也没有严格的输入端与输出端之分。两个MOSFET由内部反相与同相放大器控制下导通或断开。这些放大器根据控制信号是CMOS或是TTL逻辑、以及模拟电源电压是单或是双，对数字输入信号进行所需的电平转换。

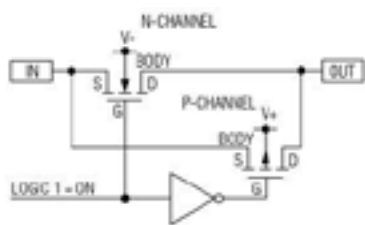


图1. 采用并联n沟道和p沟道MOSFET的典型模拟开关的内部结构

现在，许多半导体制造商都提供诸如早期CD4066这样的传统模拟开关。有些最新设计的模拟开关与这些早期开关的引脚兼容，但性能更高。例如，有些与CD4066引脚兼容的器件(例如MAX4610)相对于原来的CD4066具有更低的 $R_{ON}$ 和更高的精度。

对基本模拟开关结构也有一些功能性改变。有些低电容模拟开关在信号通路中只使用n沟道MOSFET(例

如MAX4887)，省去了较大的大幅降低模拟开关带宽的p沟道MOSFET。

其它采用单个正电源轨工作的模拟开关采用电荷泵，允许负信号电压。例如，MAX14504音频开关工作在 $+2.3V_{CC}$ 至 $+5.5V_{CC}$ 单电源，采用内部电荷泵，允许 $-V_{CC}$ 至 $+V_{CC}$ 的信号无失真通过。除功能改善外，工业上许多最新模拟开关的封装比早期的器件更小。

### 低导通电阻( $R_{ON}$ )开关降低信号损耗

在 $V_{IN}$ 为各种电平条件下，p沟道和n沟道 $R_{ON}$ 的并联值形成并联结构的 $R_{ON}$ 特征(图2)。 $R_{ON}$ 随 $V_{IN}$ 的变化曲线在不考虑温度、电源电压和模拟输入电压对 $R_{ON}$ 影响的情况下为直线。为使信号损耗和传输延迟最小，理想情况下的 $R_{ON}$ 应尽量小。然而，降低 $R_{ON}$ 将增大MOSFET硅片的宽度/长度(W/L)比，从而造成较高的寄生电容和较大的硅片面积。这种较大的寄生电容降低模拟开关的带宽。如果不考虑W和L， $R_{ON}$ 是电子和空穴迁移率( $\mu_n$ 和 $\mu_p$ )、氧化物电容( $C_{OX}$ )、门限电压( $V_T$ )及信号电压、n沟道及p沟道MOSFET的信号电压 $V_{GS}$  ( $V_{IN}$ )的复合函数，如式1a和1b所示。

将 $R_{ON}$ 和寄生电容最小化，同时改善整个温度和电压范围内 $R_{ON}$ 相对于 $V_{IN}$ 的线性度，往往是设计新产品的首要目的。

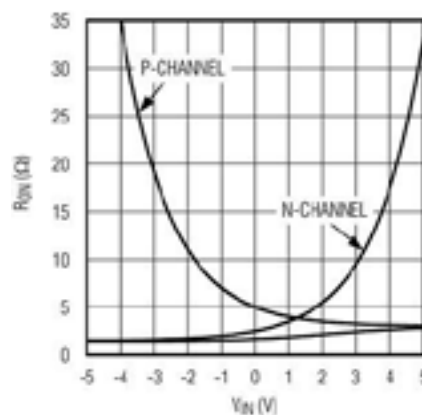


图2.  $R_{ON}$ 与 $V_{IN}$ 的关系。图1中的n沟道和p沟道 $R_{ON}$ 构成一个复合的低值 $R_{ON}$