

# MAXIM Engineering Journal

第六十二期

来自CEO的信

2

探讨文章

陶瓷扬声器系统的放大器设计

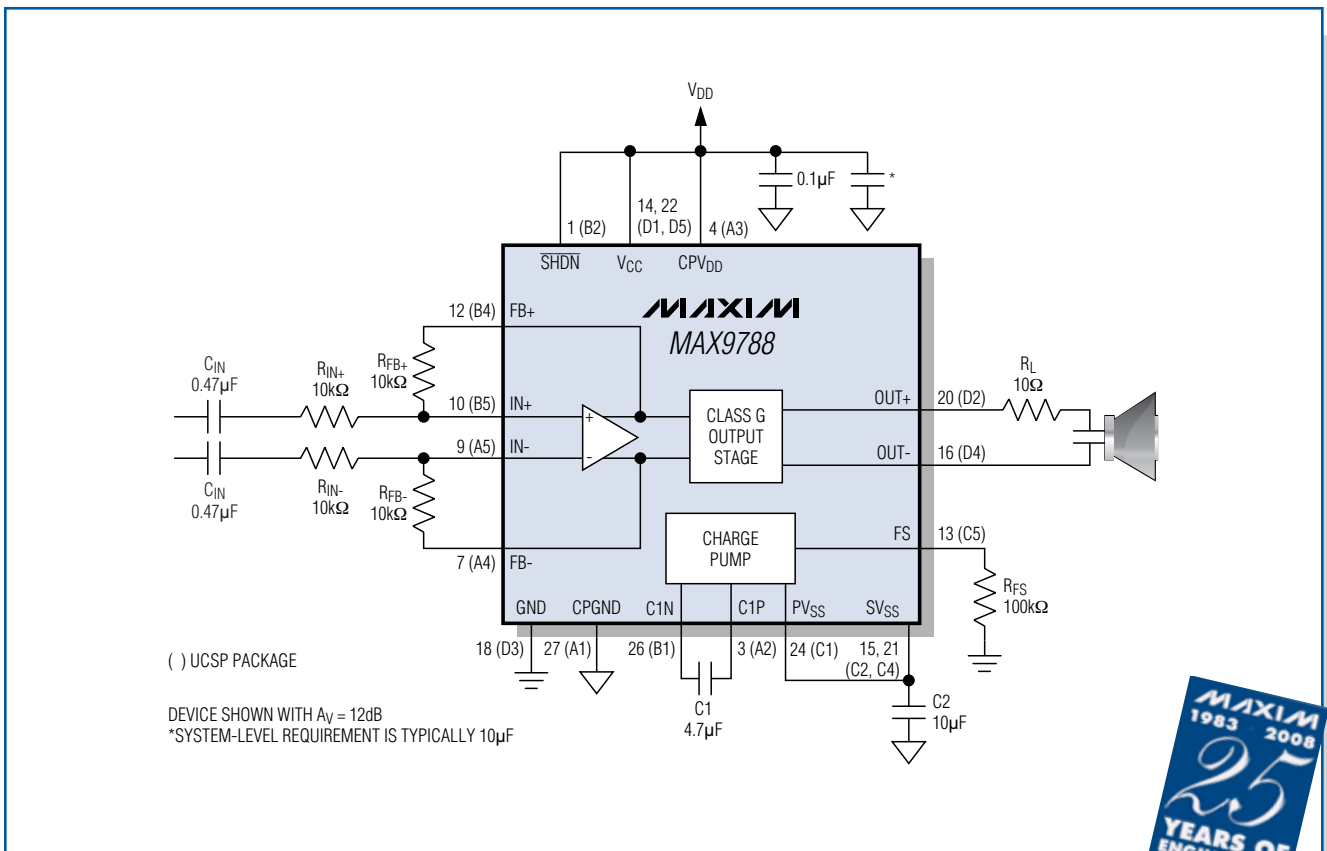
3

实现密钥的物理安全

7

摄像系统的模拟视频滤波技术

12



采用MAX9788的典型陶瓷扬声器应用电路。(参见第5页)

# 来自CEO的信

## 产品创新与供货状态

25年来，Maxim公司因其创新能力而誉满全球。这些年来，Maxim所开发出的产品数量多于任何其他模拟与混合信号公司，平均每个工作日都有一款以上的新品推出。创新思维已植根于我们的企业文化，并渗透到公司的各个层面。

在过去十年，客户常常会说：“Maxim拥有出色的产品，如果我们能够得到及时的供货就太完美了！”在过去几年间我们通过各种途径来改善我们的供货，以提高用户对公司的信任。最根本的举措，虽然无形，但却是最重要的举措：*我们改变了为用户供货的认识*。公司把按时交货作为一项重要的改革目标，并得到了员工的热烈响应。我们的目标是把按时交货与产品创新共同融入到企业文化。

为了改善供货状况，我们还采取了其他显而易见的措施：

- 1) 2007年晶圆厂的面积扩大了80%，在制造和测试方面投入大约2.8亿美元。
- 2) 在过去的9个月内生产周期已经缩短了30%。
- 3) 实施库存策略以满足小批量样机和量产订购的需求(小于100片)。目前，97%的订单已经在顾客发出订购申请后的一周内交货。
- 4) 投资2500万美元正在升级企业资源计划(ERP)系统，以实现更精确的企业规划。

我们会定期评估开发和制造工艺的各个方面，不断寻求创新，以减少产品定义、设计、制造和测试所花费的时间。

虽然我们已取得了显著进步，但与最终目标还有一定差距。无论如何，目前客户已经感受到：无论何时、无论购买任何数量的Maxim器件，都要比以前容易的多。

我们随时为您提供优质服务！



Tunç Doluca  
总裁兼首席执行官

# 陶瓷扬声器系统的放大器设计

Mark Cherry, 应用工程师

如今的便携式设备需要更小、更薄、更省电的电子元件。对于设计小巧的手机，动圈式扬声器成为了制造商能否生产出超薄手机的制约因素。在这一需求的推动下，陶瓷或压电扬声器迅速兴起，成为动圈式扬声器的替代方案。陶瓷扬声器能以超薄、紧凑的封装提供极具竞争力的声压电平(SPL)，具有取代传统的动圈式扬声器的巨大潜力。动圈式扬声器和陶瓷扬声器的区别如表1所示。

驱动陶瓷扬声器的放大器电路具有与驱动传统动圈式扬声器不同的输出驱动要求。陶瓷扬声器的结构要求放大器驱动大电容负载，并在较高的频率下输出更大的电流，同时保持高输出电压。

## 陶瓷扬声器的特性

陶瓷扬声器的生产工艺与多层陶瓷电容器类似，与动圈式扬声器相比，这种制造技术可以使扬声器厂商更加严格地控制扬声器的容差。严格的容差控制对于权衡扬声器的选择非常重要，也影响着不同生产批次产品音频特性的可重复性。

陶瓷扬声器在驱动放大器端的等效阻抗可以近似为主要由一个大电容组成的RLC电路(图1)。在音频频率范围内，陶瓷扬声器通常呈现容性。扬声器的电容特性决定了其阻抗随频率的提高而降低。图2为陶瓷扬声器阻抗随频率的变化关系，与1μF电容相似。阻抗

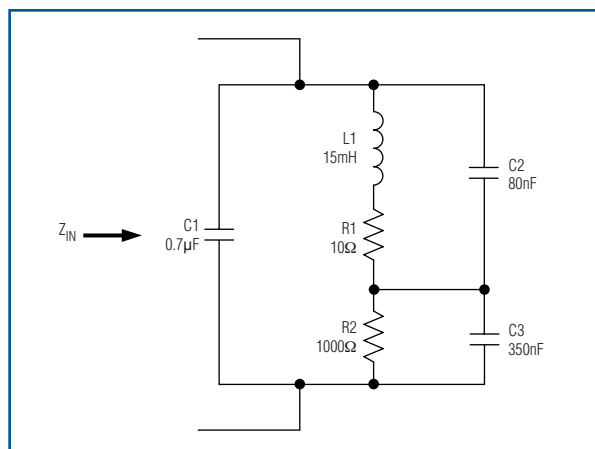


图1. 陶瓷扬声器主要表现为一个大的容性负载。

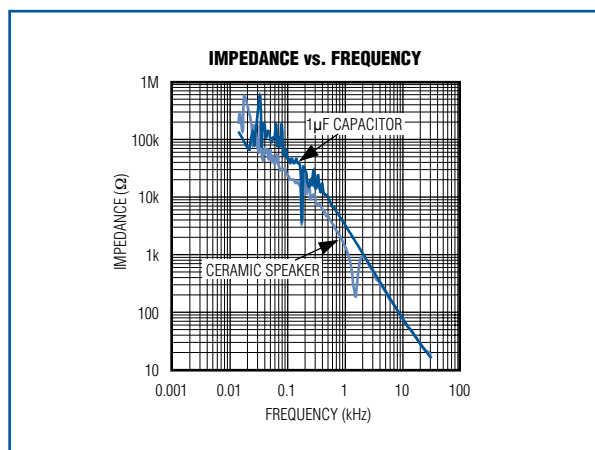


图2. 陶瓷扬声器阻抗与频率的关系，与1μF电容非常相似。

有一个谐振点，在这个频点扬声器的发声效率最高。1kHz频率附近阻抗曲线的下降表示扬声器的谐振频率。

表1. 陶瓷扬声器和动圈式扬声器的优点和缺点

陶瓷扬声器		动圈式扬声器	
优点	缺点	优点	缺点
<ul style="list-style-type: none"> <li>效率高</li> <li>超薄外形</li> <li>严格的制造公差</li> <li>所需声腔很小</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>需要高压驱动</li> <li>有限的低频响应</li> <li>容性负载</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>成本低</li> <li>技术成熟</li> <li>平坦的频率响应</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>宽松的制造公差</li> <li>效率低</li> <li>尺寸较厚</li> <li>所需声腔较大</li> </ul>

## 声压与频率及振幅的关系

陶瓷扬声器两端的交流电压导致扬声器内压电薄膜变形和振动；位移量与输入信号的幅度成正比。压电薄膜的振动使周围空气流动，从而发出声音。扬声器电压升高时，压电元件变形加剧，形成更大的声压，从而增加了音量。

陶瓷扬声器制造商通常规定了扬声器的最大驱动电压，典型值 $15V_{P.P}$ 。电压最大时陶瓷器件的偏移量达到极限。外加电压大于额定电压时不会导致声压升高，反而加剧了输出信号的失真度。图3为电压最大时，陶瓷扬声器输出声压(SPL)与频率的关系曲线。

通过对比SPL与频率的关系曲线图以及阻抗与频率的关系曲线图，可以明显看出压电扬声器产生高SPL时，在自激频率处效率最高。

## 驱动陶瓷扬声器对放大器的要求

陶瓷扬声器制造商规定电压取最大值，即 $14V_{P.P}$ 至 $15V_{P.P}$ 时声压最大。这样一来，问题就转换成如何在单电源供电时产生这些电压。解决方法之一是用开关稳压器将电池电压升至5V。借助于5V电压，系统设计师可以选择桥接负载(BTL)的单电源放大器。桥接负载能够在扬声器上产生倍压效果。然而，用5V单电源为BTL放大器供电时，输出电压在理论上只有 $10V_{P.P}$ 摆幅。在该电压下陶瓷扬声器无法输出最高的SPL。为了得到更高的SPL，必须采用更高的电源电压。

另一种做法是采用升压转换器将电池电压调节至5V或更高，这种方案本身也存在问题——即所需器件的尺寸。根据电感电流峰值可以判断总体方案的尺寸，为了保证磁芯不会饱和，电感尺寸必须足够大。市场上也可以找到大电流、小尺寸的电感。但这类电感的磁芯饱和电流额定值可能不足以满足要求，在高频条件下不能提供驱动扬声器所需的高压和大负载电流。

驱动陶瓷元件需要大电流，同时还要避免出现限流。这是由于高频时陶瓷扬声器阻抗非常低。用来驱动

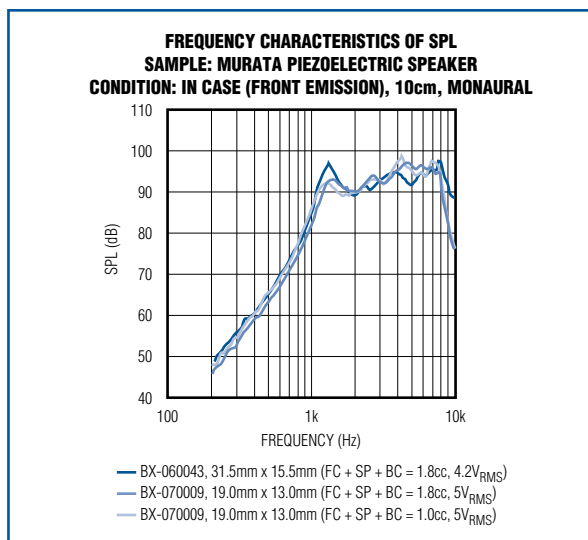


图3. 当电压大于扬声器额定电压时输出信号失真加剧。

陶瓷扬声器的放大器必须有足够大的驱动电流，当大量高频成分进入扬声器时器件不会进入限流模式。

图4为采用MAX9788 G类放大器的应用电路。G类放大器有两个电源电压，高压和低压。当输出信号较小时采用低压供电；当输出信号需要较高的电压摆幅时，将高压切换到输出级供电。由于G类放大器具有低压电源，因此，当输出信号较小时，效率比AB类放大器高。由于具有高压电源，G类放大器可承受瞬态峰值电压。

图4中的MAX9788采用一个片上电荷泵产生与 $V_{DD}$ 相反的负电源电压。当输出信号需要高压驱动时，负电源电压作用于输出级。该器件提供了一种驱动陶瓷扬声器的优化方案，比采用AB类放大器和升压转换器的传统方案更高效。

扬声器制造商通常推荐给陶瓷扬声器串联一个固定电阻( $R_L$ )，如图4所示。当信号包含大量高频成分时，用该电阻限制放大器的电流输出。在某些应用中，如果传输到扬声器的音频信号的频率响应带宽受到限制，也可以不使用这个固定电阻。对于放大器来说，使用电阻可确保扬声器不发生短路。

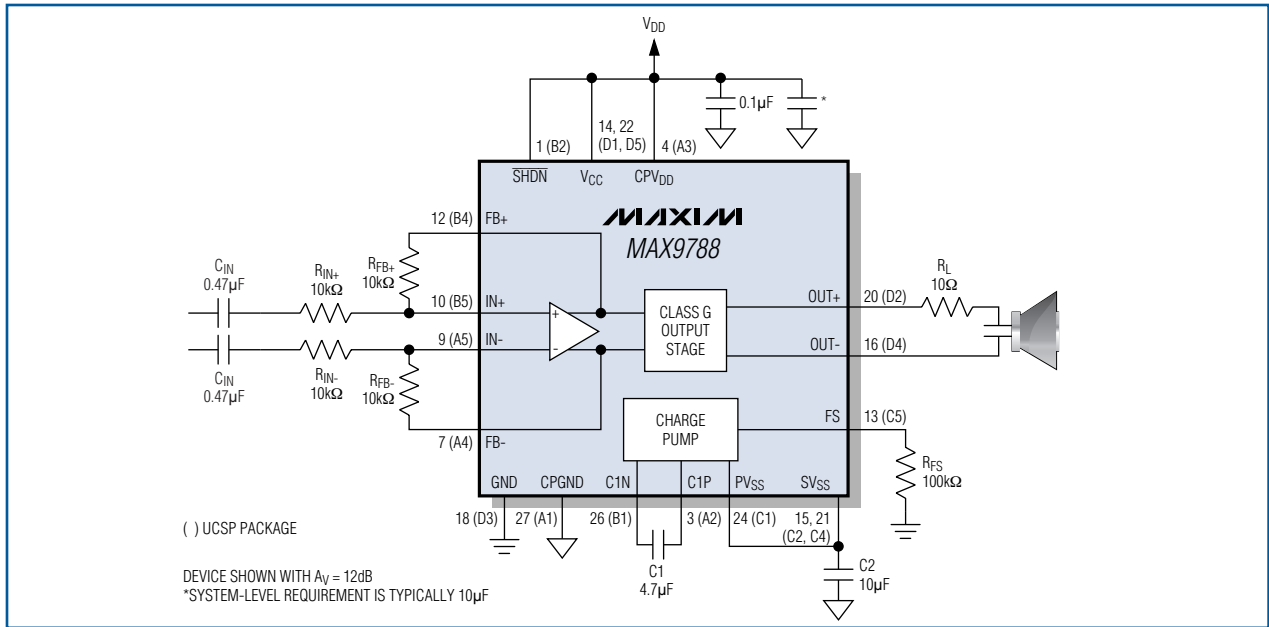


图4. 采用MAX9788的典型陶瓷扬声器应用电路。

现有的陶瓷扬声器电容约为 $1\mu\text{F}$ 。图4中扬声器的阻抗在 $8\text{kHz}$ 时为 $20\Omega$ ，在 $16\text{kHz}$ 时为 $10\Omega$ 。未来的陶瓷扬声器可能具有更大电容，使放大器在相同频率能够提供更大的电流。

### 陶瓷扬声器与动圈式扬声器的效率

传统动圈式扬声器的效率很容易计算。音频线圈绕组可以近似为固定电阻与一个大电感串联。如果已知扬声器电阻，可用欧姆定律计算负载功率(P)： $P = I^2R$ ，或 $P = V \times I$ 。扬声器的大部分功率被转变成线圈的热量。

由于陶瓷扬声器具有电容特性，因此消耗功率时产生的热量不高。陶瓷扬声器消耗的是“无功”功率。无功功率非常小，与陶瓷器件的损耗因子有关。无功功率产生的热量很少。计算无功功率时不应直接采用公式 $P = V \times I$ ；<sup>1</sup> 应采用以下公式计算：

$$P = (\pi f C V^2) \times (\cos\varphi + DF)$$

其中：

$C$  = 扬声器的容值

$V$  = RMS驱动电压

$f$  = 驱动电压频率

$\cos\varphi$  = 扬声器电流与电压间的相角

$DF$  = 扬声器损耗因子； $DF$ 值很低，取决于信号频率及扬声器的ESR

由于理想的电容器电压和电流之间的相角为 $90^\circ$ ，并且陶瓷扬声器基本呈容性， $\cos\varphi$ 等于零，因此，陶瓷扬声器模型中的电容部分不会产生任何功耗。陶瓷材料和电介质的自身缺点造成扬声器电压落后于扬声器电流一个相位角，该相位角并非精确等于 $90^\circ$ 。理想相移( $90^\circ$ )与实际相移之间的微小差别定义为损耗因子( $DF$ )。

陶瓷扬声器的 $DF$ 可以等效为一个小的等效串联电阻( $ESR$ )与理想电容器串联。不要将串联电阻与放大器和扬声器之间的隔离电阻混淆。 $DF$ 是所需频率下 $ESR$ 和容抗的比值：<sup>2, 3</sup>

$$DF = R_{ESR} / X_C$$

举例来说，电容为 $1.6\mu\text{F}$ ，ESR为 $1\Omega$ 的陶瓷扬声器，由 $5V_{\text{RMS}}$ 、 $5\text{kHz}$ 信号驱动时，无功功率为：

$$P = (\pi \times 5000 \times 1.6 \times 10^{-6} \times 5^2) \times (0 + 0.05) = 31.4\text{mW}$$

## 有功功率

与动圈式扬声器不同的是，虽然陶瓷扬声器本身不消耗有功功率，但是，在驱动放大器输出级以及功放和扬声器之间的外部电阻( $R_L$ ) (图4)上会产生热量。外部电阻值越大，为放大器分担的耗散功率越大，它以牺牲低频响应特性为代价。

驱动 $10\Omega$ 串联电阻的陶瓷扬声器时，总负载功率中无功功率占的比重并不大。大部分功率耗散在外部电阻上，图5为放大器功率与频率的关系曲线。

为了获得较好的低频响应，应选择小的外部电阻，但会要求放大器输出级耗散更大的功率。放大器的效率决定了放大器输出级功率。为获得大功率放大器，需要采用高效解决方案，如D类和G类放大器。负载端串联一个电阻，可以使功率消耗在负载网络，而不是扬声器。即使放大器效率为100%，功率也会消耗在串联电阻上，而非扬声器上。

以图5为例， $5\text{kHz}$ 时，提供给负载的总功率为 $629\text{mW}$ 。效率为53%的放大器功耗为 $558\text{mW}$ 。放大器功耗决定了实际器件的封装尺寸，如果必须用高频正弦波驱动陶瓷扬声器，则会消耗大量功率。

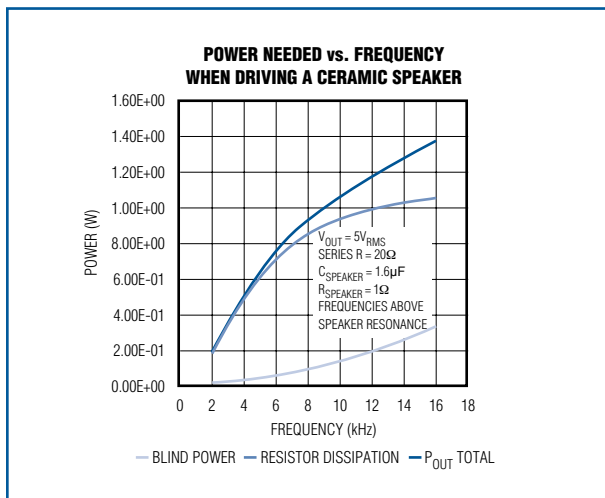


图5. 无功功率在陶瓷扬声器总负载功率中占的比重很小，主要功率耗散在外部电阻上。

## 结论

便携式设备的小巧、轻薄设计是推动小型陶瓷扬声器应用需求的主要动力。陶瓷扬声器不同于传统动圈式扬声器，应考虑采用新的设计方案。陶瓷扬声器的电容特性要求放大器具有高输出电压和大输出电流，从而在工作频率范围内保持高压驱动。选择驱动陶瓷扬声器的放大器时，必须能够为复杂负载提供无功功率和有功功率。为了支持小尺寸、低成本方案，要求放大器具有较高的工作效率。为满足以上要求，需要采用与传统AB类放大器不同的拓扑结构。更有效的解决方案，如G类或D类放大器，成为极具吸引力的方案，综合考虑成本、元件数量等指标，G类放大器是能够获得最佳折衷的解决方案。

## 参考文献

1. “Blind Power Dissipation in a Piezo Ceramic Load (for a Sine Wave),” Sonitron NV.
2. “Piezoelectric Transducers: Distributed Mode Actuators,” National Semiconductor, [www.techonline.com/learning/techpaper/193600345](http://www.techonline.com/learning/techpaper/193600345)
3. “Application Notes for Multilayer Ceramic Capacitors,” Kemet Electronics, [www.kemet.com/kemet/web/homepage/kechome.nsf/weben/6FB56FCB5EBB9053CA2570A500160913/\\$file/F3101ECerLdPerfChar.pdf](http://www.kemet.com/kemet/web/homepage/kechome.nsf/weben/6FB56FCB5EBB9053CA2570A500160913/$file/F3101ECerLdPerfChar.pdf)

# 实现密钥的物理安全

Swati Joshi, 业务经理

保密通信的实质是保护密钥, 较长的密钥在一定程度上能够防止通过强硬的计算技术破解代码, 但这种保护措施无法满足同样重要的物理安全性的要求。为了从根本上解决物理安全性问题, 必须考虑几个问题, 包括: 产生随机密钥的物理机制, 防止在认证代理之间传送密钥时被隐秘地电子拦截, 防止被秘密进行物理和机械侦测的安全密钥存储方法。

Maxim的DS36xx系列安全监视器从封装设计到外部传感器接口, 直至内部电路体系结构采用了一系列的独特功能, 为军品电子设计工程师提供了所需要的全部功能。器件具备这些特性后, 更容易达到传统的和新兴的便携式军品的计算以及通信安全标准的要求。因此, 这些器件具有强大的应用潜力, 如图1所示。

## 电子数据的安全性要求

在联邦信息处理标准(FIPS)中, 美国政府规定了密码模块必须符合严格的(尚未分级)应用要求。该标准由国家标准和技术研究所(NIST)出版, FIPS 140-2标准有四个基本级别:

- 第1安全级: 无物理安全机制要求(只实现NIST标准化密码算法)
- 第2安全级: 篡改存迹物理安全
- 第3安全级: 防篡改物理安全
- 第4安全级: 物理安全提供保护层

对于要求高级别安全性的军事通信应用, 设计必须符合国家安全局(NSA) 1类认证标准。经过NSA认证的设备用于加密机密的美国政府信息。认证过程非常严格, 包括以下项目的测试和分析:

- 密码安全
- 功能安全
- 防篡改
- 发射安全
- 产品生产和分销的安全性

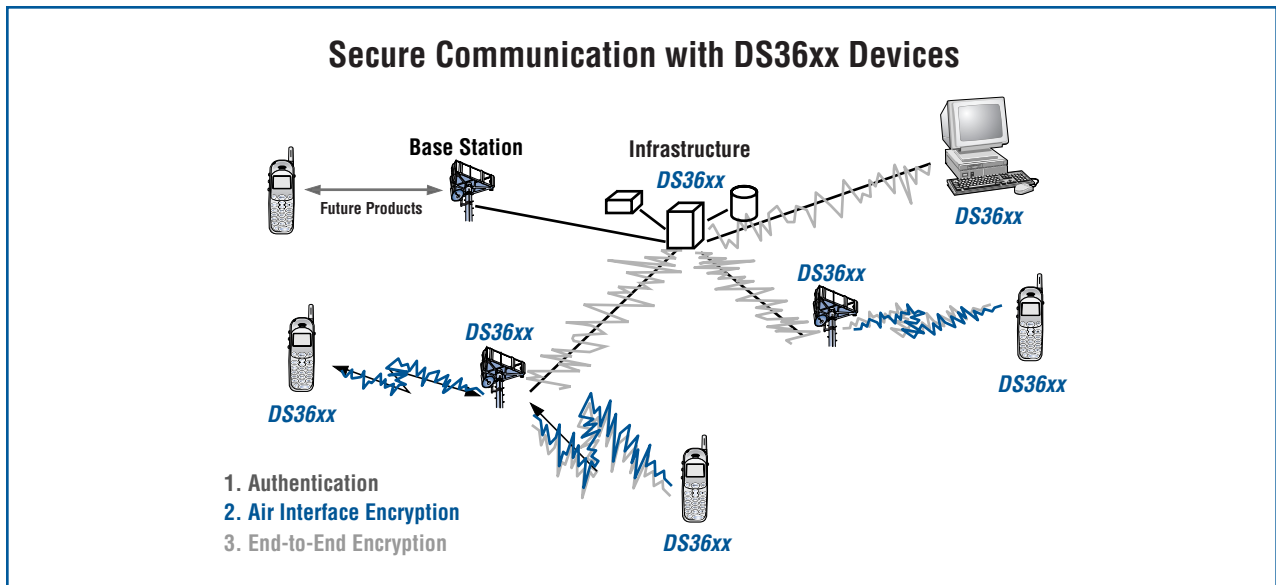


图1. DS36xx 器件适合多种现在和未来军事以及国家保密通信功能, 包括保密通信和客户认证。

必须符合这些标准的一种常见设备是工作在作战信息网络战术(WIN-T)系统中的通信设备,这一战术通信协议用于战争前线。WIN-T支持多种数据、语音和视频功能。该网络提供可靠的移动宽带通信支持,使战士能够始终保持畅通的连接。WIN-T采用通用的通信技术,例如无线局域网(WLAN)、以太网协议传输语音(VoIP),以及第三代蜂窝/卫星通信技术等。WIN-T连接作战地面区域的战士与国防部(DoD)全球网的指挥官之间的通信。

任何军事设备,WIN-T信息安全性非常重要。WIN-T的体系结构必须允许经过认证的用户自由访问网络,同时也要能够监测并拒绝非法攻击。同样,必须从一开始就内置WIN-T安全功能,而不是事后加入安全保护。这种方法保证了语音和数据在网络上的安全保密传输。

过去,系统设计的主要目标是快速部署,而安全功能则通过在现场更新实现。导致这种方式的主要原因是人们通常认为内置安全功能非常昂贵,有可能拖延计划。然而,目前的军事通信设备都要求从一开始就具备高级安全功能,提高通用性和连通能力,符合FIPS 140-2、NSA和WIN-T的要求。在其他军事应用中,安全和防入侵也逐渐成为关键因素。例如,MESHnet Firewall最近开发的General Dynamics®和Secure Computing®已经用于作战车辆。

综上所述,新一代军事通信系统或组件如果不能首先满足应用标准,就不能投入使用。特别是,目前要求军事通信设备至少要符合FIPS 140-2第3和第4安全等级。而且,在更高级的应用中,设计工程师还必须遵照NSA 1类以及最新实施的WIN-T规范。通常情况下,军事应用至少需要符合FIPS 140-2的第3安全级认证。

## 满足安全性要求

对于系统设计人员而言,达到美国政府颁布的安全要求是一项艰巨任务。随着对系统构成潜在威胁的因素

不断增加,安全性标准也随之变化,随着时间的推移安全性的要求也更加苛刻。

为了跟上安全标准的变化,设计人员需要解决很多棘手问题,因为设计过程必须考虑安全等级的要求,以及所设计的安全设备的最终目的等。例如,只对密钥重新加密不会明显提高密钥的安全性,因为已经有成熟技术能够窃取密钥。因此,需要组合使用几种不同方法来保证密钥的安全性,包括增强物理安全性等。

设计符合FIPS 140-2(第3和第4安全级)、NSA 1类或WIN-T要求的安全军事系统时,重要的是采用具有全面防篡改技术的器件,在主电源失效时这些器件也能发挥效用。Maxim的DS36xx系列产品,例如,图2所示的DS3600,即使在电池供电时仍然能够主动探测篡改侵入,提供了保证密钥和关键数据安全的集成方案(在主电源失效时会立即响应,确保工作的顺畅)。不论是否有电源供电,片内电源监测器以及电池开关保证了所有篡改监测机制始终保持有效的工作。器件持续检测主电源,当它降到下限门限值时,立即自动切换到外部备用电池,保持内部和外部保护电路继续工作。这样,设备主电源失效时,不会中断防篡改探测。

为达到FIPS 140-2(第3和第4安全级)以及NSA 1类和WIN-T规范的要求,防篡改侦测器件应该允许设计人员加入他们自己的外部传感器,这样,可以在存储受保护数据的器件周围提供保护层,即安全边界。通过在DS36xx系列附加外部传感器,系统设计人员具备了独特而又灵活的方法来加入应用安全层,从而满足了政府部门颁布的各种标准要求。

为满足各种政府标准的要求,DS36xx安全监测器可以同时监视模拟供电电压、数字信号以及阻性网络保护传感器网格等。此外,所有DS36xx器件都提供芯片级球栅阵列(CSBGA)封装(参见图3)。通过严格限制对安装器件引脚的访问,这些封装还提供了控制保护和数据信号的另一层无源物理安全保护。

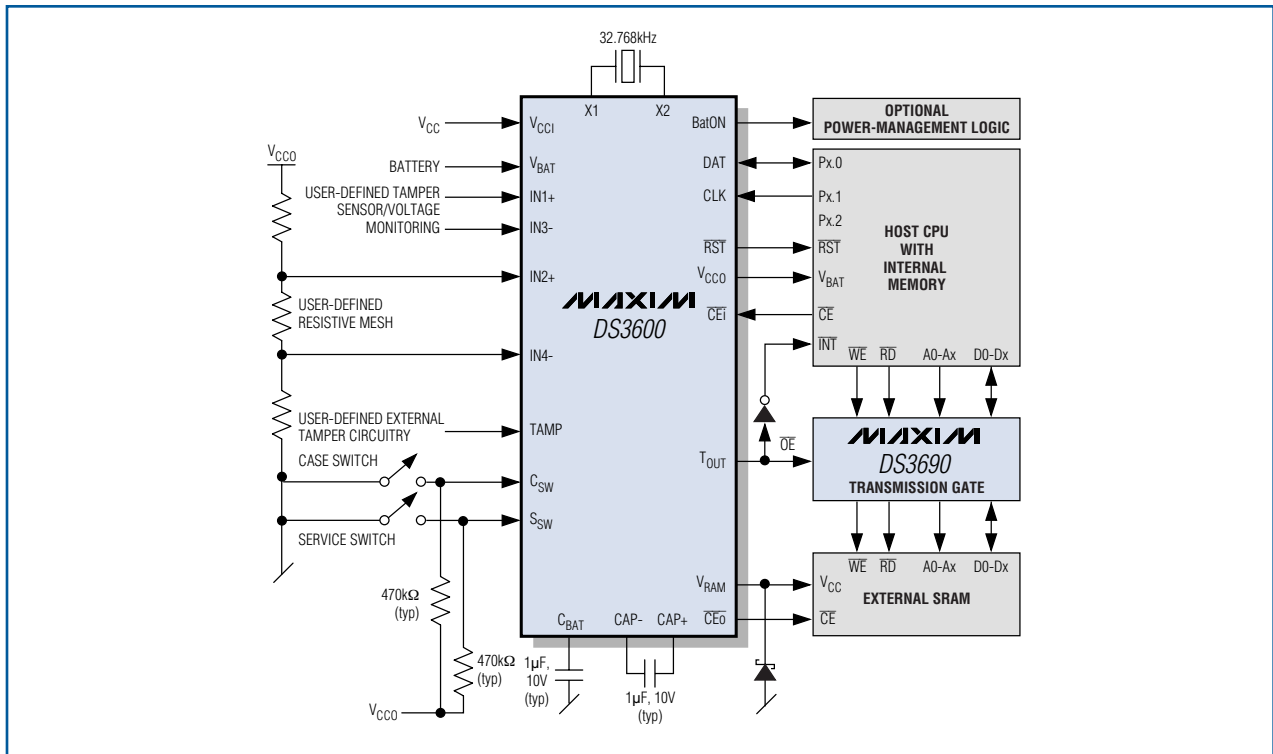


图2. DS3600安全监测器同时利用监测功能和安全机制来侦测篡改，保护备用电池供电的易失存储器的内容，例如，内部存储的密钥及其他存储在外部SRAM中的敏感数据。

## 内部安全性

DS36xx 器件还包括其他的保护层，实现内部篡改侦测机制。这些内部侦测机制提高了器件和外部防篡改探测传感器定制配置的接口能力。内部防篡改侦测机制包括一个片内温度传感器、开封监测器、电源监测器、电池监测器以及振荡器监测器，提供连续的防篡改侦测。监测功能始终保持工作，特别是在采用电池供电时。

对于外部安全机制，当达到用户定义/工厂设置的门限时，内部保护机制被触发。例如，为满足NSA等必须具备的认证体，以及FIPS和WIN-T等标准，设计人员可以使用内部温度传感器监测基底温度。一旦达到温度门限的上限和下限，器件启动防篡改响应。



图3. 器件安装到电路板后，DS36xx系列的CSBGA封装限制对I/O信号的访问，从而提供了无源保护层。

除了测量瞬时温度之外，DS36xx还提供其他的温度检测功能。特别是，速率变化探测器对基底温度变化速率的监测。温度的快速增加或降低都会触发器件的防篡改响应，提供额外保护，防止更高级别的加密数据恢复技术的入侵。

从受保护的SRAM中恢复数据的一条途径是在器件断电前加入液氮，这种方法将没有供电的SRAM数据的保持时间延长到毫秒级。然而，DS36xx系列的温度监测功能可以判断出这一篡改事件，在低温存储效应起作用之前，器件就会擦除其内部存储器。存储器采用硬件连线，高速擦除功能在不到100ns的时间内即可清零整个存储阵列。其他的篡改事件(例如，互锁底部)或向器件的I<sup>2</sup>C/SPI™兼容接口直接发送命令也能够触发这一功能。

DS36xx器件还具备一项专有技术—无印迹密钥存储器。† 无印迹密钥存储器解决了SRAM存储单元氧化层电荷累积或耗尽(取决于所存储的数据)导致的安全问题。长期存储在这类传统存储单元中的数据随着时间的变化产生氧化层应变，在存储位置留下了数据记忆。即使清除这些单元后，也可以读出数据。

而新开发的非记忆密钥存储技术避免了氧化应变现象。该技术改进了器件的普通电池供电SRAM存储器。因此，当探测到篡改事件或者通过命令直接清除存储器后，整个存储器都被清除，不会留下可能恢复的数据痕迹。军用和政府机构的应用产品设计人员利用这一功能，可以开发独特而且非常安全的存储高度敏感密钥的产品。

## 篡改事件响应

DS36xx器件不断监视上述所有篡改入侵事件，侦测到篡改后，通过内部或外部防篡改机制立即做出防篡改响应。侦测篡改事件从识别篡改源开始，在导致篡

改事件的状态清除之前，将一直锁定篡改事件。然后，才会复位篡改事件。表1列出了DS36xx器件在篡改响应期间的措施步骤。

## 支持高度安全的军事应用

不但保护存储密钥需要采用物理安全措施，实际密钥的生成也需要物理安全性。即用于生成数字密钥的方法必须保证不会非法复制密钥，不论是采用相同设备(这违背了DS36xx系列的安全数据存储目的)，还是完全复制设备。

DS36xx器件的随机数发生器(RNG)采用确定性伪随机算法，使用芯片自带的两个随机源产生种子。这一函数提供了连续比特流，主机CPU对其进行后处理，形成认证软件RNG函数种子。而且，每一DS36xx安全监测器含有工厂预设的唯一芯片序列号，可通过I/O端口读取该序列号。芯片序列号为用户提供了唯一的识别每个最终产品的途径。

此外，最新的DS36xx器件还可以根据篡改类型擦除某些特殊存储单元。这一功能被称为擦除等级(参见表2器件)，适用于整个设备保持完整性的应用。即在发生了篡改后，虽然不能使用全部功能，但还可以在在一定程度上继续使用该器件。通信设备即属于此类应用，例如安全军事通信设备，即使出现了篡改事件，设备也必须具有一定的工作能力。

表 1. DS36xx 器件探测到篡改事件时采取的措施步骤

步骤	措施
1	立即主动彻底擦除内部密钥(如果可行)。
2	外部RAM被擦除(如果可行)。
3	篡改锁定寄存器记录篡改入侵源的状态。
4	篡改输出置位，向系统处理器发出报警。
5	篡改事件时间记录寄存器记录篡改事件的时间。

除了高级数据安全功能外，很多国防应用还要求承受较宽的工作和存储温度范围。虽然DS36xx器件主要用于在普通工作环境中提供较高的安全功能，该系列中某些最新的产品也支持较宽的工作温度范围，达到整个军品级温度范围(DS36xx为-55°C至+95°C，而军品级范围是-55°C至+125°C)。

## 结论

如表2所示，DS36xx系列安全监视器具有多种功能，使系统能够产生并存储密钥，监视篡改事件，侦测到篡改事件后，主动彻底地破坏密钥。此外，利用DS36xx器件提供的外部输入功能，系统设计人员可以在应用中增加更多的安全保护层，以满足FIPS、NSA和WIN-T颁布的要求。

表2. DS36xx器件及其独特的功能

型号	I/O	所监视的模拟电压的数量	所监视的数字输入的数量	工作温度范围(°C)	内部密钥存储器(字节)	外部存储器控制	随机数发生器	过压监视器	电池监视器	擦除等级
DS3600	3线	4	1	-40至+85	64	✓	✓		✓	
DS3605	I <sup>2</sup> C	4	1	-40至+85	无	✓	✓		✓	
DS3640	I <sup>2</sup> C	5	3	-40至+85	1k		✓	✓	✓	
DS3641	4线	5	3	-40至+85	1k		✓	✓	✓	
DS3644*	I <sup>2</sup> C	12	4	-55至+95	1k	✓	✓	✓	✓	2级
DS3645*	I <sup>2</sup> C	12	4	-55至+95	4k	✓	✓	✓	✓	
DS3650	4线	2	无	-40至+85	无			✓	✓	
DS3655*	I <sup>2</sup> C	无	4	-40至+85	64					
DS3665*	SPI	12	4	-55至+95	8k	✓	✓	✓	✓	4级

General Dynamics是General Dynamics Corporation的注册商标。

Secure Computing是Secure Computing Corporation的注册商标。

SPI是Motorola, Inc.的商标。

\*专利申请中。

\*未来产品—供货状况请联络厂方。

# 摄像系统的 模拟视频滤波技术

Ben Nader, 战略应用工程师

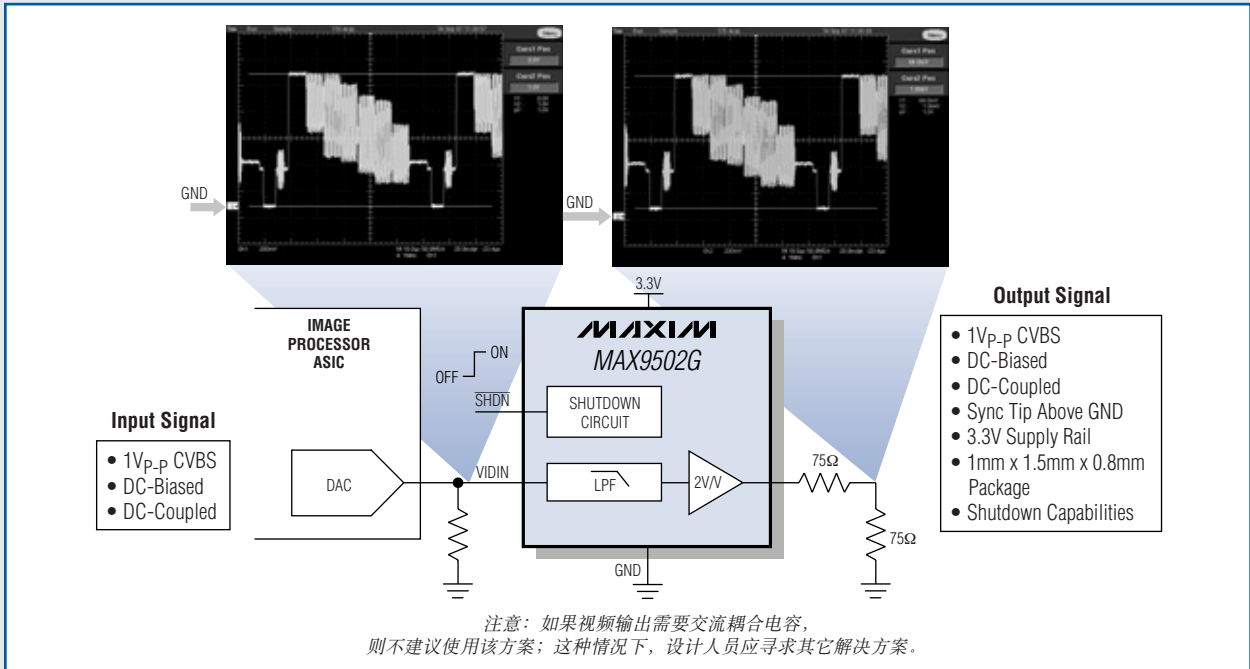
在大部分视频系统中，视频编码器的视频输出都含有低通滤波器。这些滤波器用来抑制高频噪声，平滑视频数模转换器(DAC)输出视频信号的上升沿和下降沿。传统的视频系统通常采用分立的无源滤波器。然而，目前绝大多数视频子系统中，视频DAC之后采用集成滤波放大器对视频信号进行滤波、放大。本文详细介绍Maxim为满足多种视频应用需求而提供的各种集成视频滤波放大器。

对于视频摄像系统，视频DAC输出最常见的信号是视频消隐、同步(CVBS)以及亮度/色度(Y/C)复合信号。例1到例8详细介绍了8种滤波放大器的配置，具有不同的DAC输出信号直流电平、信号振幅以及交、直流耦合视频信号的组合。集成视频滤波器的常用电源电压是5V或3.3V，对于要求低功耗的应用(例6和例7)，可以采用1.8V或2.5V电源对视频滤波放大器供电。这些低功耗应用实例中的滤波放大器(MAX9509)采用了Maxim的DirectDrive™专利技术，† 通过内部固定8V/V增益获得2V<sub>p-p</sub>视频信号。

以下八种配置有几个共同特性：所有输出都在75Ω负载上进行测量。因此，当输出曲线显示1V<sub>p-p</sub>时，集成滤波放大器的输出为2V<sub>p-p</sub>。此外，所有滤波器均采用75%的TV NTSC彩条信号作为信号源。

## 重建滤波器连接视频DAC与视频放大器

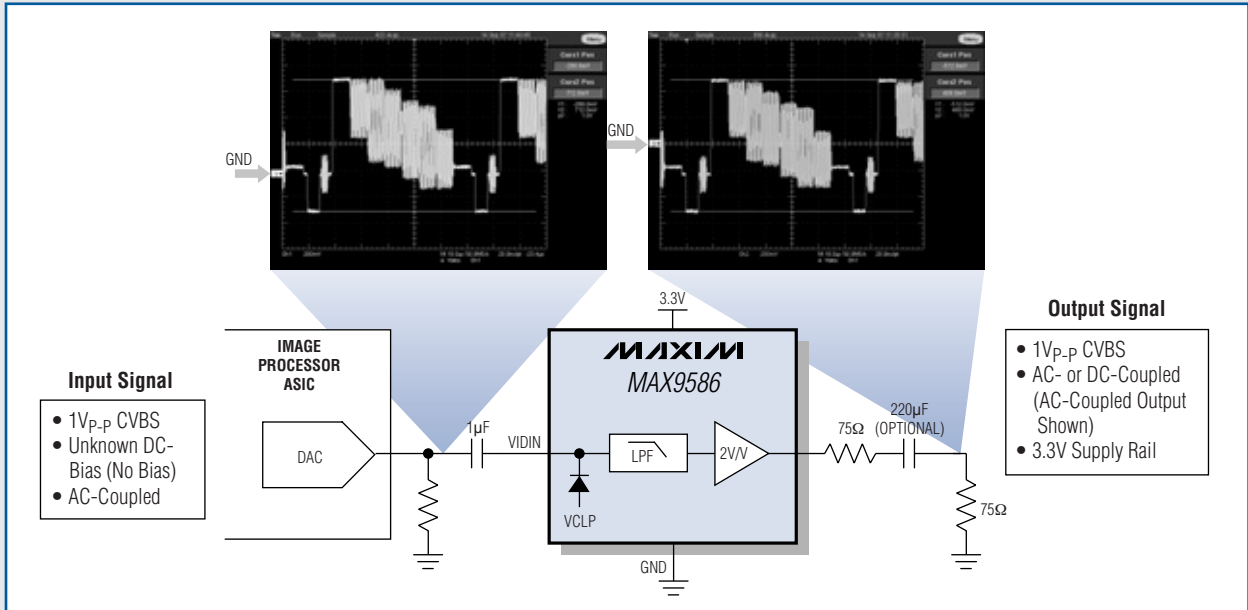
例1



例1中，视频DAC的输出通过重建滤波器与MAX9502G视频放大器连接。对DAC的视频信号输出进行偏置，使同步头接近地电位。MAX9502G对信号进行滤波放大，得到2V<sub>p-p</sub>的输出信号，并为信号提供直流偏置。MAX9502G的输出也提供了偏置，其同步头大概高于地电位300mV。在负载处，由于输出端采用75Ω分压结构，该同步头电平变为150mV。MAX9502G是集成功率非常高的解决方案，占用很小的电路板面积，能够在绝大多数便携式系统设计中有效节省空间。

## 视频DAC向视频放大器提供交流耦合信号

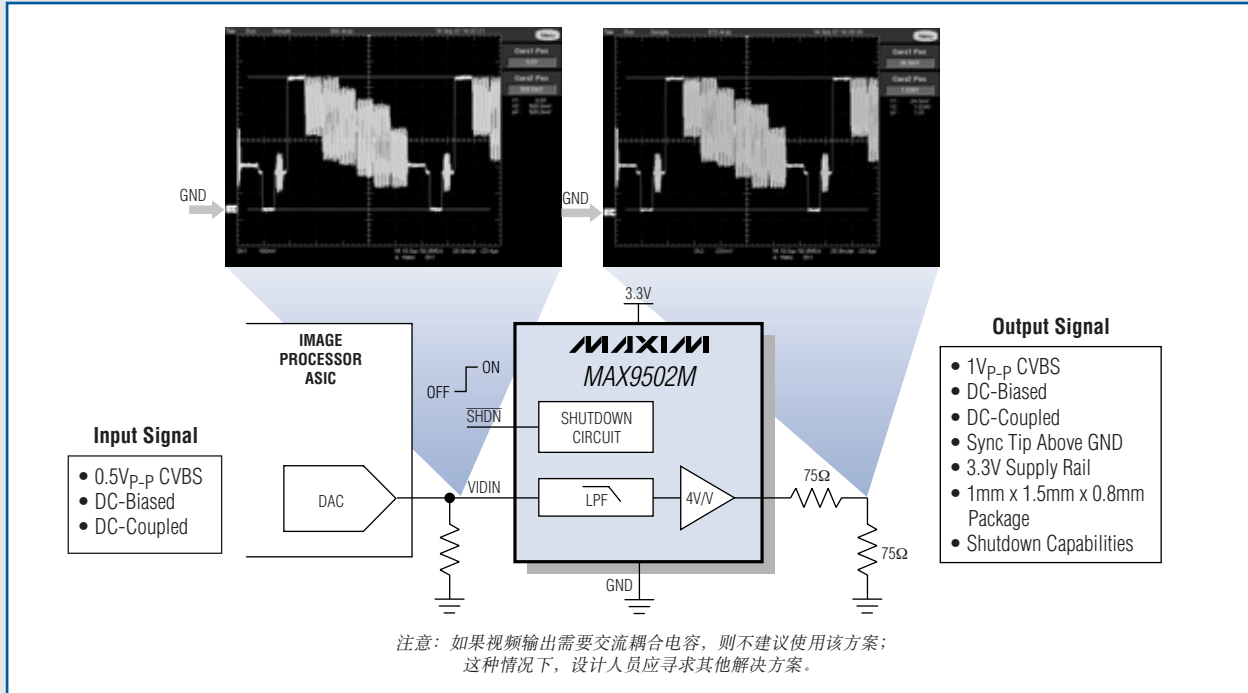
例 2



例2中，视频DAC向MAX9586视频滤波放大器提供交流耦合视频信号。这对于要求交流耦合信号、同步头低于地电位的单电源应用是非常好的解决方案。然而，输出交流耦合信号并没有把黑电平置于地电位；黑电平随着视频信号内容的变化而变化。MAX9586可以驱动两个直流耦合视频负载或一个交流耦合150Ω负载。

## 例1 加上 $0.5V_{P-P}$ 直流偏置信号

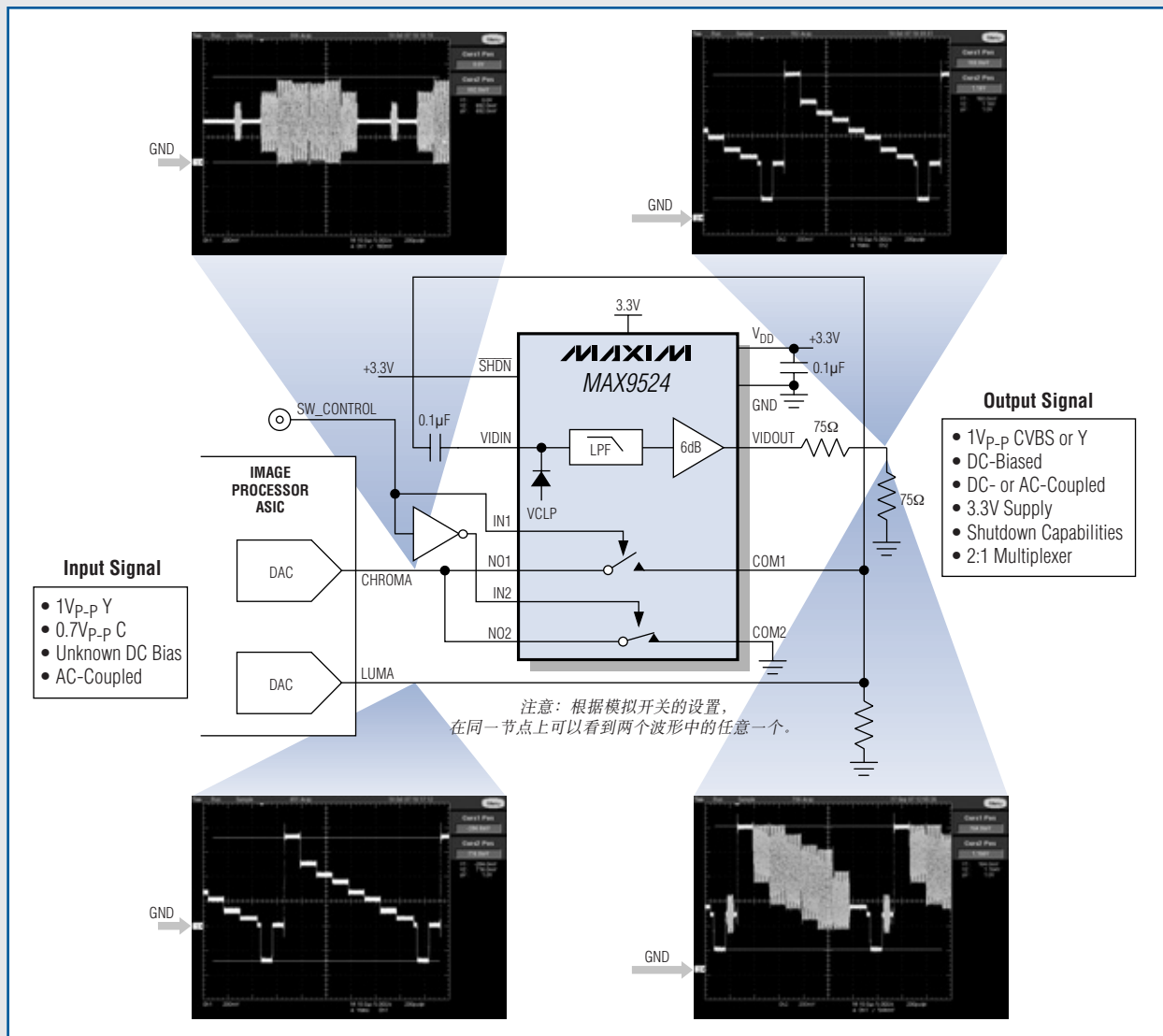
例3



例3和例1非常相似，只是其DAC只能输出 $0.5V_{P-P}$ 的直流偏置信号。这种情况下，具有12dB固定增益的MAX9502M是比较合适的解决方案。负载上的视频信号有直流偏置，同步头大约高于地电位150mV。此外，DAC的视频信号输出必须在地电位以上。MAX9502M可以为一路 $150\Omega$ 对地负载提供 $2V_{P-P}$ 的视频驱动。

## 只有一路CVBS或Y信号输出的视频DAC

例4

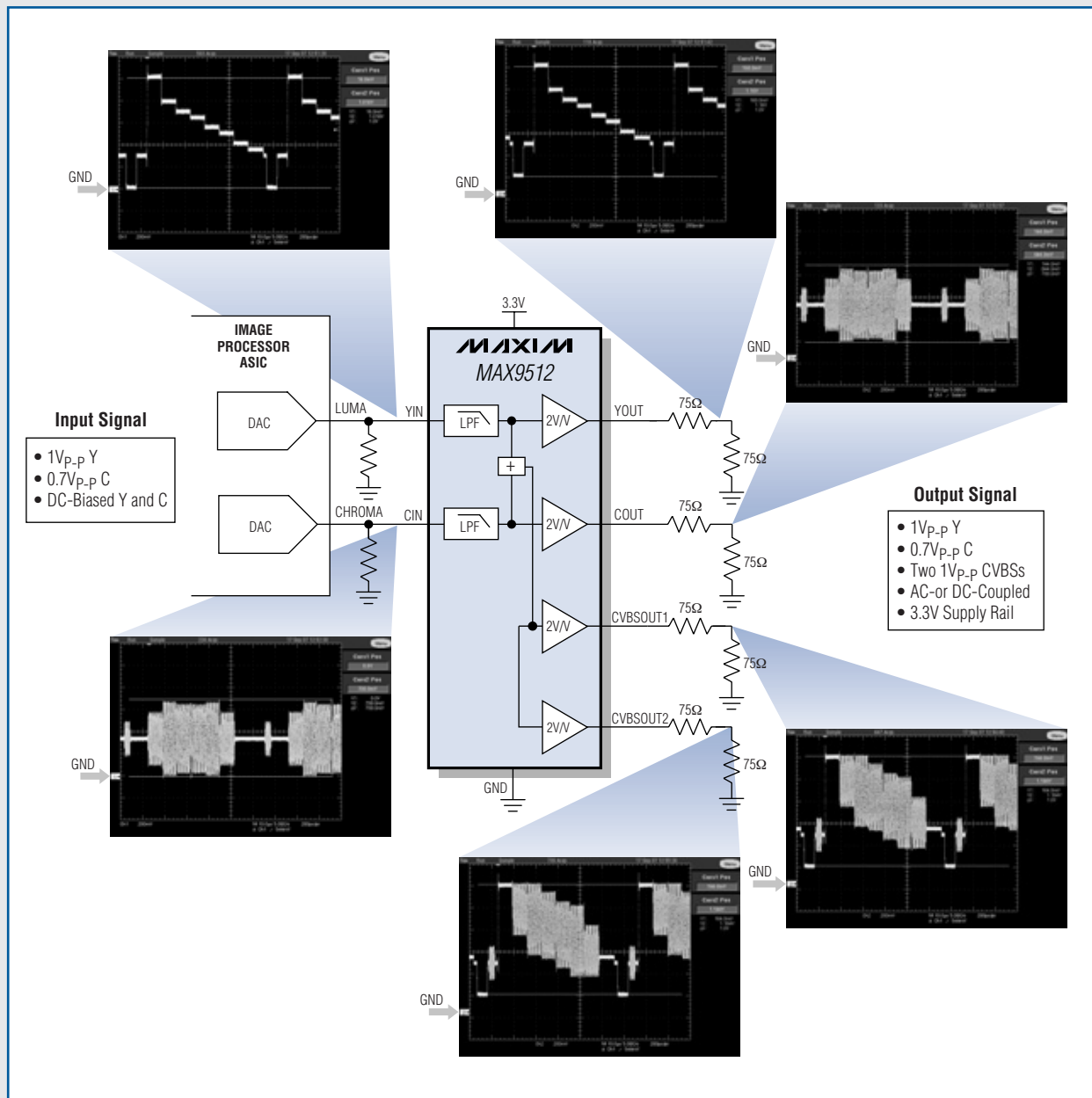


例4提供了一种非常有趣的配置。某些应用中，DAC同时提供Y和C信号，而例4中只有一路输出。这一输出可以在CVBS和Y信号之间进行选择，这样，可以使用求和(合成器)电路产生CVBS信号。在同一输出上很难同时提供这两类信号，也很难在正确的时间对这两类信号进行切换。一般在输出线上采用一个2:1复用器实现这一功能。好在该实例中所使用的MAX9524视频滤波放大器集成了两个模拟单刀单掷开关，可以配置成2:1复用器，从而利用一个芯片就能够适当选择输入，并对其进行滤波放大。由于对Y、C信号求和后无法确定其直流电平；因此，应该在滤波放大之前对视频信号进行交流耦合。交流耦合电容之后的箝位电路建立偏置电平。

设计人员应注意产生CVBS信号的求和电路设计，应仔细考虑Y、C信号的直流偏置电平以及DAC所允许的电压范围。直接连接Y、C信号所产生的CVBS信号会超出DAC电压范围，具体取决于每个信号的直流偏置电平。

## 具有Y/C至CVBS合成器的多路视频输出

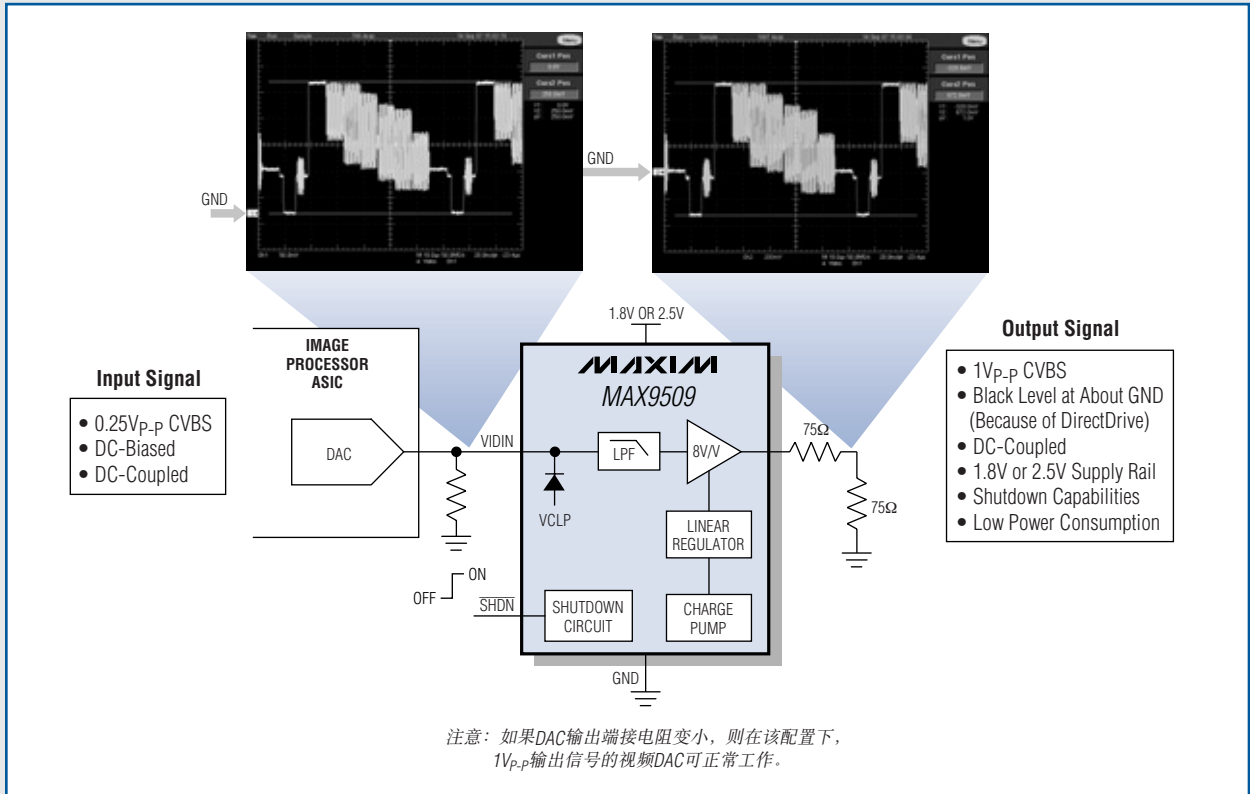
例5



例5中的MAX9512有四个独立的输出通道，可理想用于多路视频输出设计。该器件还有一个Y/C至CVBS的合成器，从Y、C信号产生复合视频信号。每路输出可驱动两个直流耦合视频负载，或一个交流耦合150Ω负载。芯片采用了Maxim的SmartSleep技术<sup>‡</sup> (图中没有画出)，能够对输入信号或输出负载进行检测，相应地接通或关断不同的放大器，从而降低功耗。这一配置常见于提供一路S端子以及两路CVBS输出的应用。

## 黑电平接近地电位的低功耗设计

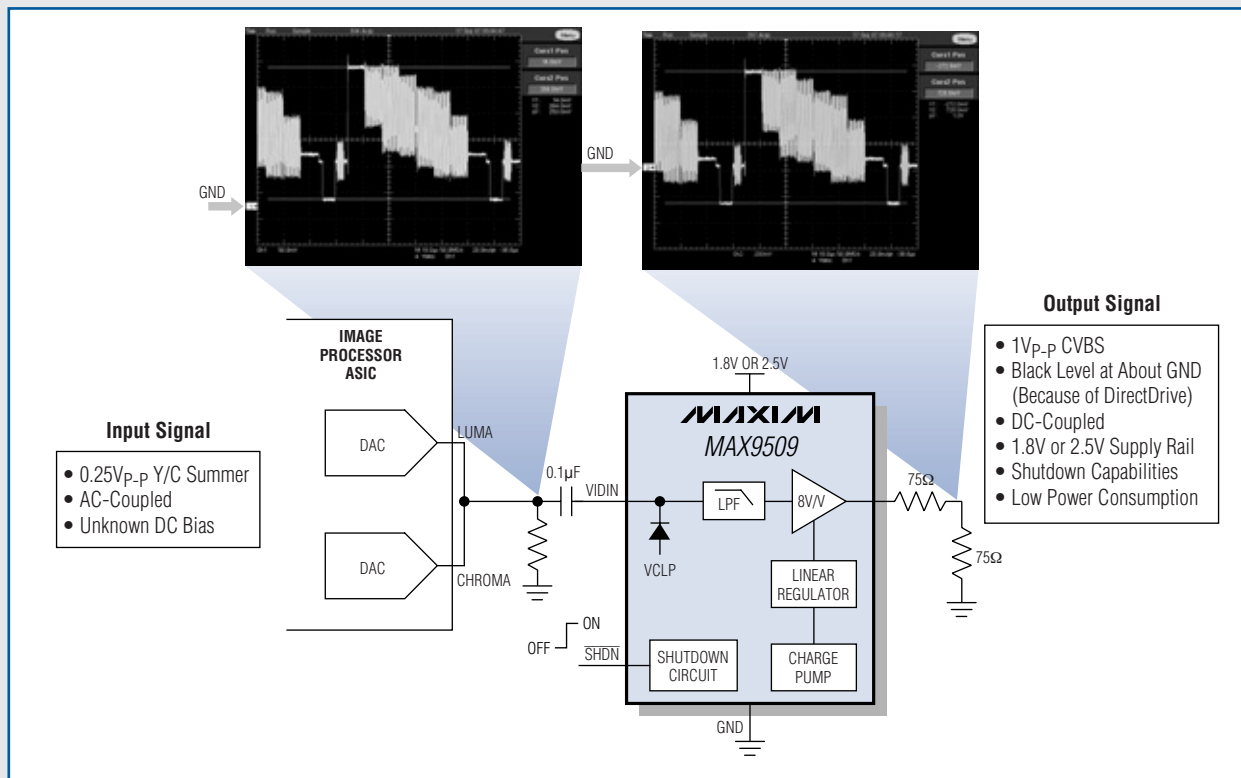
例6



例6由于采用了MAX9509而使功耗大大降低，该器件采用1.8V单电源供电，平均功耗只有11.7mW。该配置的另一优点是：黑电平接近地电位，输出不需要大的耦合电容，视频信号在-300mV和+700mV之间，与视频信号内容无关。由于放大器内部提供8V/V固定增益，DAC输出幅度应该在0.25V<sub>p-p</sub>。对于任意类型的DAC，只要改变输出端的端接电阻即可得到这一数值。

## 一路输出Y、C和CVBS信号

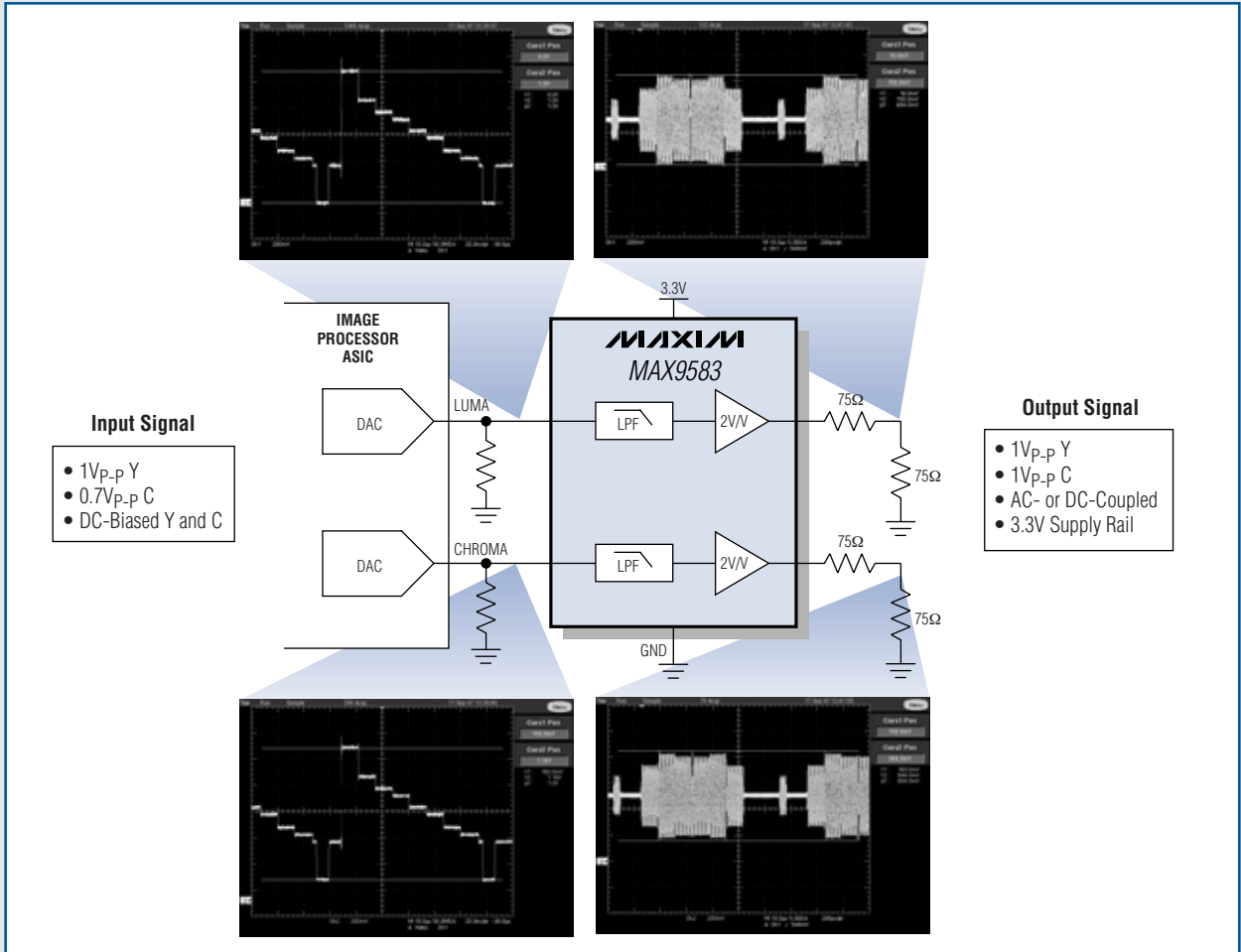
例7



对于某些应用，DAC输出只有Y和C信号，但是系统必须提供CVBS信号。在这种应用中，一般的解决方案是利用求和电路产生所需的输出信号。这种解决方案和例4采用的求和电路相似，但是由于所要求的CVBS幅度只有0.25V<sub>P-P</sub>，因此可产生适当的电压。如果DAC正常输出为1V<sub>P-P</sub>，改变DAC端接电阻即可很容易地获得0.25V<sub>P-P</sub>振幅。

例7提供了一个低功耗应用的滤波放大方案。设计人员按比例减小DAC的输出端接电阻，获得合适的输出幅度(0.25V<sub>P-P</sub>)。由于不确定直流偏置电平(取决于信号和求和电路)，应将信号交流耦合至MAX9509。同步头箝位电路对输入信号进行适当的电平偏置。滤波放大器具有DirectDrive功能，放大器输出的黑电平接近于地电位。这样，输出端不需要采用大的耦合电容。因此，MAX9509能够将2V<sub>P-P</sub>视频信号驱动至150Ω负载。

## 两路视频输出信号，没有直流偏置



对于需要两路视频输出信号的应用(例如，S端子)，MAX9583双通道视频滤波放大器提供了一个紧凑的解决方案，如例8所示。MAX9583具有2V/V内部固定增益，因此，适用于1V<sub>p-p</sub>输出的DAC。该器件的输出可交流耦合至一个150Ω负载或直流耦合到两个视频负载。交流耦合的视频信号不需要任何直流偏置，黑电平随视频内容的变化而变化。

### 结论

本文重点介绍了目前视频应用中的常见配置。CVBS和Y/C是目前为止这类应用中最常见的输出信号。在某些高端设备中，会有比较少见的YPbPr输出信号，视频信号可以是标准清晰度(SD)，也可以是高清晰度(HD)信号。本文虽然没有讨论这些比较少见的应用，但是设计人员应了解这些设计同样有相应的集成解决方案。

†美国专利#7,061,327。

‡专利申请中。