

设计要点

面向小面积和大面积光电二极管的低噪声放大器

设计要点 399

Glen Brisebois

引言

光电二极管可分为两类：具有高电容(30pF至3000pF)的大面积光电二极管和具有相对较低电容(10pF或更小)的较小面积光电二极管。为了获得最佳的信噪比性能，最常见的做法是采用一个跨阻抗放大器(由一个反相运算放大器和一个反馈电阻器组成)来把光电二极管电流转换成电压。在低噪声放大器设计中，大面积光电二极管放大器需要更加关注的是降低运算放大器输入电压噪声，而小面积光电二极管放大器则需要把更多注意力放在降低运算放大器输入电流噪声和寄生电容上。

小面积光电二极管放大器

小面积光电二极管具有非常低的电容，通常低于10pF(有些甚至低于1pF)。它们的低电容使其成为比大面积光电二极管更接近于较高频的电流源。小面积光电二极管放大器设计所面临的挑战之一是维持低输入电容，这样，电压噪声将不会成为问题，而且噪声将主要是电流噪声。

图1示出了一款采用LTC6244的简单和小面积光电二极管放大器。放大器的输入电容由 C_{DM} (放大器的差模电容)和一个 C_{DM} (共模电容仅在放大器的反向输

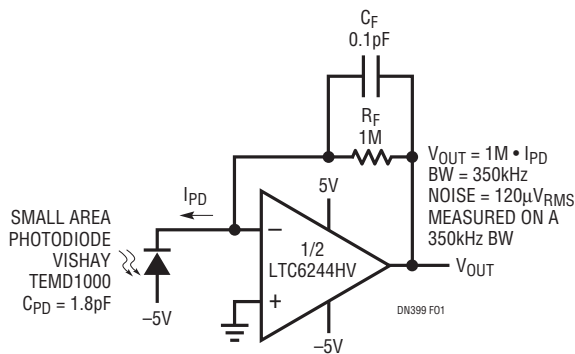


图1：小面积光电二极管的跨阻抗放大器

入)组成，或约为6pF的总电容。小型光电二极管具有1.8pF电容，因此放大器的输入电容在电容中居支配地位。小反馈电容器是一个实际元件(AVX Accu-F系列)，但它也与运算放大器引线、电阻器和寄生电容相并联，所以实际的总反馈电容可能在0.4pF左右。这之所以重要，是因为反馈电容设定了电路的补偿，以及运算放大器增益带宽和电路带宽。该特殊设计具有一个350kHz带宽，在该带宽内所测得的输出噪声为 $120\mu V_{RMS}$ 。

大面积光电二极管放大器

图2a示出了一个简单的大面积光电二极管放大器。光电二极管的电容为3650pF(标称值为3000pF)，这对电路的噪声性能有著显著的影响。例如：在10kHz频率条件下，光电二极管电容等同于一个 $4.36k\Omega$ 的阻抗，因此，采用 $1M\Omega$ 反馈电阻器的运算放大器电路在该频率下具有一个 $NG = 1 + 1M/4.36k = 230$ 的噪声增益。于是，LTC6244的输入电压噪声到达输出端时成为 $NG \cdot 7.8nV/\sqrt{Hz}$ ，从图2b所示的电路输出噪声频谱中便可清楚地看出这一点。请注意，我们尚未把运算放大器电流噪声或增益电阻器的 $130nV/\sqrt{Hz}$ 考虑在内，不过，与运算放大器电压噪声和噪声增益相比，这些显然是微不足道。作为参考：该电路的DC输出失调约为 $100\mu V$ ，带宽为52kHz，而总噪声是在一个100kHz的测量带宽和在 $1.7mV_{RMS}$ 的条件下进行测量的。

图3a示出了该电路的改良，其中，利用一个 $1nV/\sqrt{Hz}$ JFET对大面积二极管电容进行了自举。该耗尽型JFET具有一个约 $-0.5V$ 的 V_{GS} ，因此， R_{BIAS} 强制它在刚刚超过1mA的漏电流条件下运作。按照图示进行连接，光电二极管具有一个 V_{GS} 的反向偏压，因此其电容将比前一种情形略低(测量值为2640pF)，但是，最剧烈的影响是由自举产生的。图3b示出了该新电路的输出噪声。10kHz频率条件下的噪声现在为 $220nV/\sqrt{Hz}$ ，而 $1M$ 反馈电阻器的 $130nV/\sqrt{Hz}$ 热噪声

层在低频条件下是可识别的。发生的情况是：运算放大器的 $7.8\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 有效地被 JFET 的 $1\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 所取代。这是因为 1M 反馈电阻器不再“回溯”至大光电二极管电容中。而是回溯至一个 JFET 栅电容、一个运算放大器输入电容和一些寄生电容中，总电容约为 10pF 。低噪声 JFET 的栅至源极电压加在大光电二极管电容的两端。如前文所述，在 10kHz 频率下进行计算后得出：光电二极管电容似乎是 $6\text{k}\Omega$ ，因此，JFET 的 $1\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 将产生一个 $1\text{nV}/6\text{k} = 167\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$ 的电流噪声。该电流噪声必需流过 1M 反馈电阻器，于是在输出端上表现为 $167\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 。增加电阻器的

$130\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ (以 RMS 值) 将得出一个 $210\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 的总计算噪声密度，与图 3b 中所示的测量噪声十分吻合。另一个重大的改进是带宽(现在超过了 350kHz)，这是因为自举导致补偿反馈电容减小。请注意，自举并未影响放大器的 DC 准确度，只是使栅电流增加了几个微微安。

如需了解有关光电二极管电路的更多细节，请下载 LTC6244 数据表。如欲讨论您特殊的放大器要求，请与凌力尔特联系。

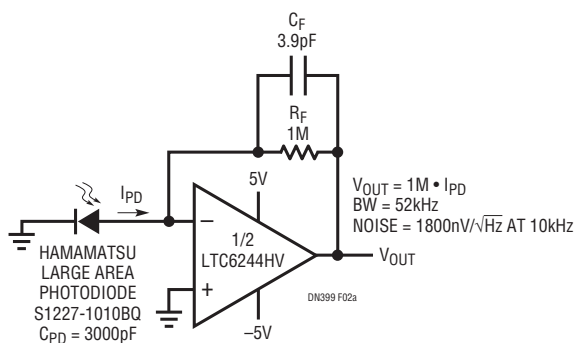


图 2a：大面积光电二极管跨阻抗放大器

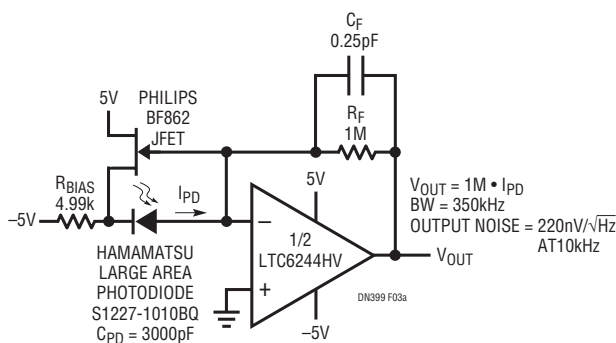


图 3a：大面积二极管自举

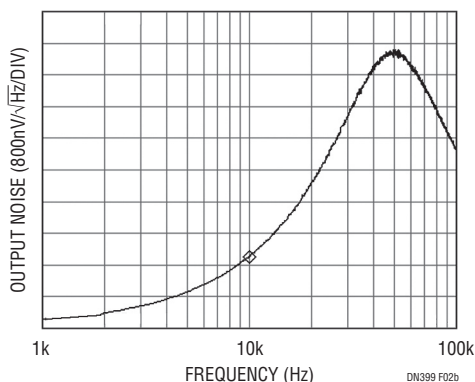


图 2b：图 2a 所示电路的输出噪声频谱密度。在 10kHz 频率条件下， $1800\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 输出噪声几乎完全是由 LTC6244 的 7.8nV 电压噪声以及高光二极管电容中的 1M 反馈电阻器的高噪声增益所致。

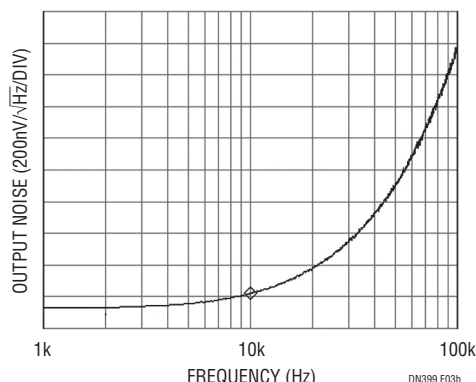


图 3b：图 3a 所示电路的输出噪声频谱密度。简单的 JFET 自举大幅度地改善了噪声(和带宽)。 10kHz 频率条件下的噪声密度现为 $220\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ ，大约有 8.2 倍下降。这主要是由于自举效应(即：采用 JFET 的 $1\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ 替换了运算放大器的 $7.8\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$)所致。

产品手册下载

www.linear.com.cn

如要获得更多资料或技术支持，请与我们的销售部或当地分销商联络，也可浏览我们的网址：
www.linear.com.cn 或电邮到 info@linear.com.cn

凌力尔特有限公司
Linear Technology Corp. Ltd.
www.linear.com.cn
香港电话：(852) 2428-0303
北京电话：(86) 10-6801-1080
上海电话：(86) 21-6375-9478
深圳电话：(86) 755-8236-6088

艾睿电子亚太有限公司
Arrow Asia Pac Ltd.
www.arrowasia.com
香港电话：(852) 2484-2484
北京电话：(86) 10-8528-2030
上海电话：(86) 21-2893-2000
深圳电话：(86) 755-8359-2920

骏龙科技有限公司
Cytech Technology Ltd.
www.cytech.com
香港电话：(852) 2375-8866
北京电话：(86) 10-8260-7990
上海电话：(86) 21-6440-1373
深圳电话：(86) 755-2693-5811

泛纳尼克(上海)有限公司
Farnell-Newark InOne
www.farnell-newarkinone.com
香港电话：(852) 2268-9888
北京电话：(86) 10-6238-5152
上海电话：(86) 21-5866-0508

好利顺电子香港有限公司
Nu Horizons Electronics Asia Pte Ltd.
www.nuhorizons.com
香港电话：(852) 3511-9911
北京电话：(86) 10-8225-1376
上海电话：(86) 21-6441-1811
深圳电话：(86) 755-3398-2850

dn399f 0107 129.5K • PRINTED IN CHINA



© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 2006