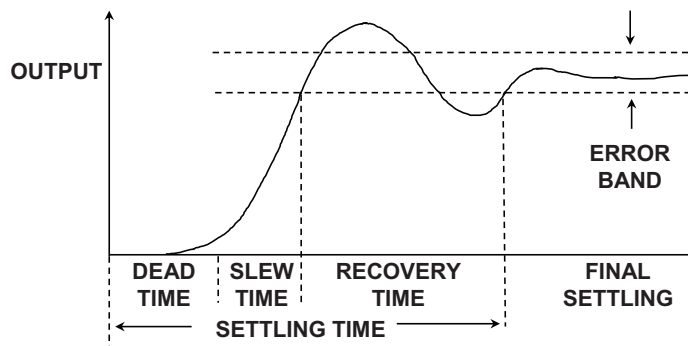


## 运算放大器建立时间

### 建立时间

放大器的建立时间是指输出响应输入的阶跃变化，然后进入并保持在规定误差带所需的时间，参照输入脉冲50%点测得，如下图1所示。



- ◆ Error band is usually defined to be a percentage of the step 0.1%, 0.05%, 0.01%, etc.
- ◆ Settling time is non-linear; it may take 30 times as long to settle to 0.01% as to 0.1%.
- ◆ Manufacturers often choose an error band which makes the op amp look good.

**图1：建立时间**

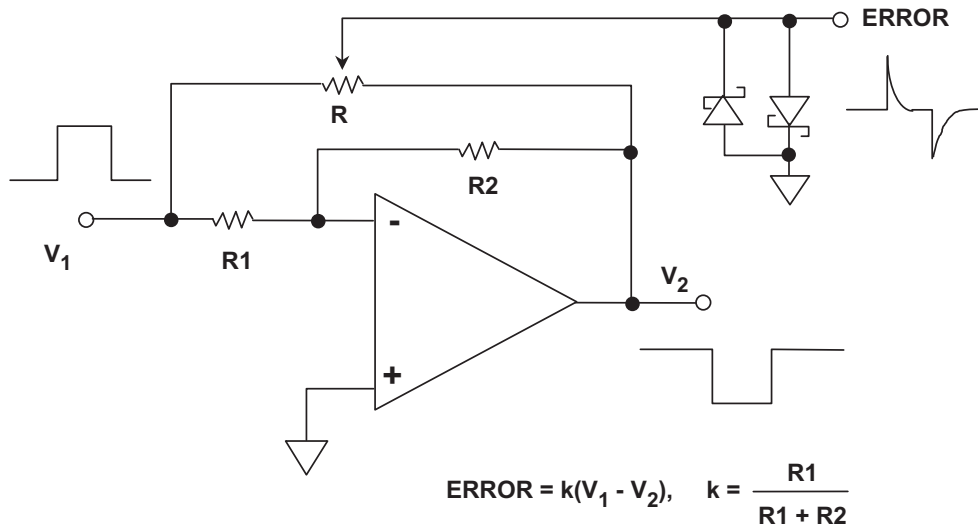
和DAC器件不同，运算放大器本身没有误差带(DAC本身具有1 LSB的误差带，或者可能为 $\pm 1$  LSB)。因此，除了步长(1 V、5 V、10 V等等)定义外，还必须选择并定义一个误差带。具体数值取决于运算放大器的性能，但由于所选数值随器件不同而不同，常常很难进行比较。之所以如此，是因为建立过程不是线性的，而且还可能包含很多不同的时间常数。例如采用介质隔离(DI)工艺的早期运算放大器。这些器件建立至满量程的1%很快，但建立至10位(0.1%)却极慢。同样，由于存在热效应，一些极高精度的运算放大器虽然可在几微秒内建立至0.025%，但建立至0.001%或更高水平却需要几十毫秒。

还有一点需要注意，热效应在短期建立时间(通常以纳秒计算)和长期建立时间(通常以微秒或毫秒计算)之间有很大的不同。在许多直流应用中，长期建立时间并不重要，如果确实需要的话，必须采用和短期建立时间差异较大的时标来测量。

## 建立时间的测量

高精度快速测量建立时间非常困难。要想产生快速、高精度、低噪声的平顶脉冲，必须十分谨慎。输入调整设置为高灵敏度时，大幅度阶跃电压会对许多示波器前端造成过驱。

下图2所示的测试设置示例可用于测量反相模式工作运算放大器的建立时间。“伪求和节点”的信号代表输出和输入信号之间的差值，乘以常数k，即误差信号。



**图2：用“伪求和节点”测量建立时间**

要想使建立过程可靠，必须注意很多细微之处。电阻值必须较低，以减小寄生时间常数。背对背肖特基二极管箝位有助于防止示波器过驱，实现高灵敏度。如果 $R_1 = R_2$ ，则 $k = 0.5$ 。因此，采用10 V输入步长时，0.1%建立时间的误差输出端误差带为5 mV。

在某些情况下，可能还需要在伪求和节点后使用第二个(极快)放大器级来增加信号电平。任何情况下都必须采用和运算放大器制造商相同的测试设置来测试建立时间，以确保有效性。许多现代数字示波器对输入过驱不敏感，可以直接用来测量误差波形，不过必须仔细查看操作手册，对每个示波器进行验证。注意，可以直接测量反相和同相模式下的建立时间。下图3所示为AD8039运算放大器平坦脉冲输入的输出阶跃响应示例。注意，0.1%建立时间约为18 ns。

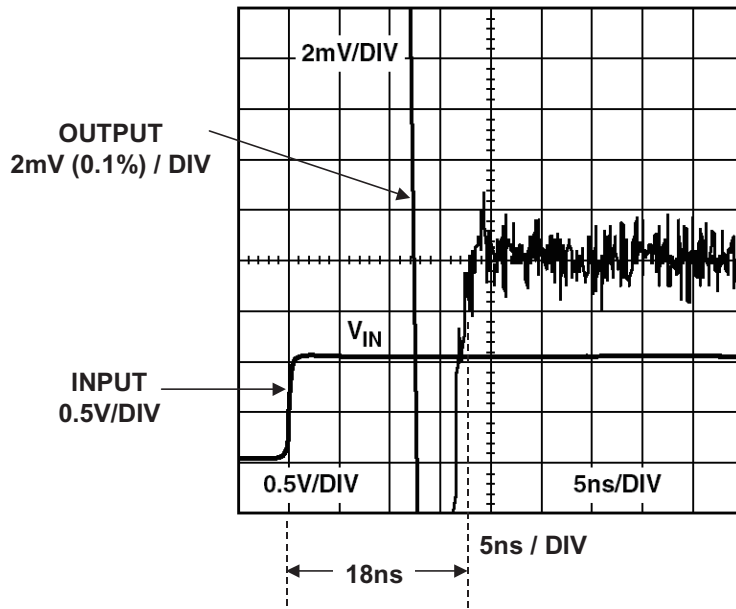


图3: AD8039  $G = +2$ 直接测量建立时间

用这种方法测量建立时间时，还必须采用能够产生具有足够平坦度脉冲的脉冲发生器源。换言之，如果被测运算放大器的0.1%建立时间为20 ns，施加的脉冲必须在5 ns内建立至优于0.05%。

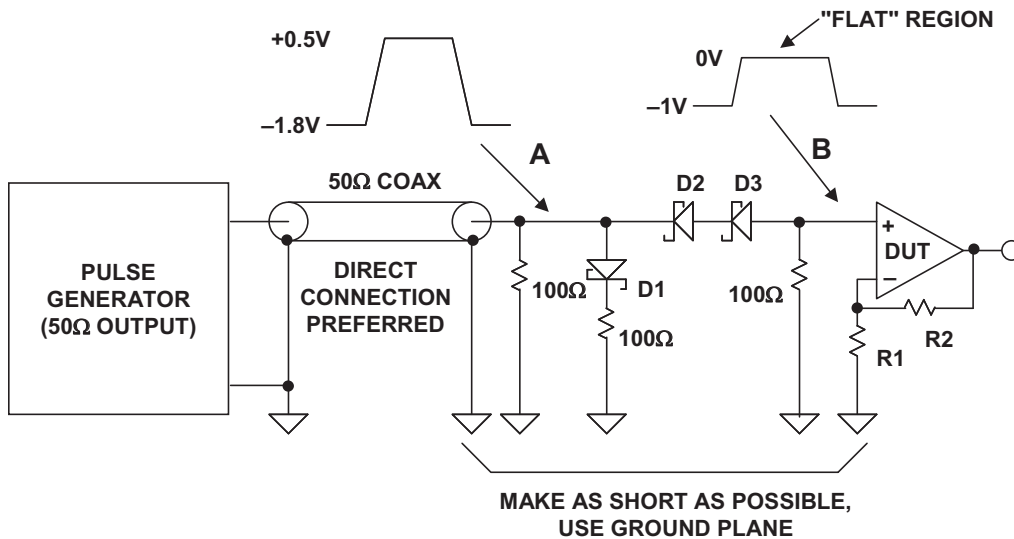


图4: 简单的平坦脉冲发生器

这种发生器十分昂贵，但是，可以采用图4所示的简单电路，配合较为平坦的发生器，确保平坦脉冲输出。

如果D1-D2-D3采用低电容肖特基二极管，图4的电路可以发挥最佳效果，所有连接的引脚长度也会降到最低。可以采用长度较短的50  $\Omega$ 同轴电缆将脉冲发生器连接至电路，但是，如果测试夹具直接连接至发生器的输出端，测试结果最好。脉冲发生器在“A”处调整至输出趋正脉冲，电压在5 ns内从约-1.8 V上升至+0.5 V(假定DUT建立时间约20 ns)。上升时间较短会产生响铃，上升时间较长则会缩短DUT建立时间，因此，实际电路需要进行一些优化，以获得最佳性能。脉冲发生器输出“A”到达0 V以上时，D1开始导通，D2/D3则反向偏置。“根据定义”，忽略D2-D3串联组合的漏电流和杂散电容的情况下，DUT输入端信号“B”的“0 V”区域是平坦的。在“A”处脉冲为正值期间，D1二极管及100  $\Omega$ 电阻有助于维持大约50  $\Omega$ 的端电阻。

## 参考文献

1. Hank Zumbahlen, *Basic Linear Design*, Analog Devices, 2006, ISBN: 0-915550-28-1. Also available as [Linear Circuit Design Handbook](#), Elsevier-Newnes, 2008, ISBN-10: 0750687037, ISBN-13: 978-0750687034. Chapter 1.
2. Walter G. Jung, [Op Amp Applications](#), Analog Devices, 2002, ISBN 0-916550-26-5, Also available as [Op Amp Applications Handbook](#), Elsevier/Newnes, 2005, ISBN 0-7506-7844-5. Chapter 1.

Copyright 2009, Analog Devices, Inc. All rights reserved. Analog Devices assumes no responsibility for customer product design or the use or application of customers' products or for any infringements of patents or rights of others which may result from Analog Devices assistance. All trademarks and logos are property of their respective holders. Information furnished by Analog Devices applications and development tools engineers is believed to be accurate and reliable, however no responsibility is assumed by Analog Devices regarding technical accuracy and topicality of the content provided in Analog Devices Tutorials.