

运放与比较器编程手册

(Rev 2.01)

北京华峰测控技术股份有限公司



目录

运放与比较器编程手册	0
一、测试基本原理和硬件资源.....	1
二、公共测试条件的编程介绍	2
1. 被测运放的电源电压设置.....	2
2. 闭环测试参数中相同条件的设置.....	3
(1) 共模输入电压设置.....	3
(2) 环路增益补偿电容.....	3
(3) 辅助运放调节.....	3
(4) 失调电压 VOS 的补偿.....	4
(5) 辅助运放输出测量源.....	4
三、具体参数编程指南	5
1. 输入失调电压 Vos 编程指南.....	5
2. 输入偏置电流 Ib+ (同相)、Ib- (反相)、Ib, 失调电流 Ios 编程指南.....	8
3. 开环电压增益 AVO 编程指南.....	11
4. 共模抑制比 CMRR (变电源法) 编程指南	13
5. 共模抑制比 CMRR-I (共模输入法) 编程指南.....	15
6. 电源电压抑制比 PSRR 编程指南.....	17
7. 输出电压摆幅 VO+ (VOH) (开环法) 编程指南	19
8. 输出电压摆幅 VO- (VOL) (开环法) 编程指南.....	21
9. 输出端源电流 IO+ (IOH) 编程指南	23
10. 输出端漏电流 IO- (IOL) 编程指南.....	25
11. 电源电流 Is 编程指南.....	27
12. 静态功耗 Ps 编程指南	29
13. 上升沿压摆率 Sr+编程指南	31
14. 下跳沿压摆率 Sr-编程指南.....	33
15. 增益带宽积 Bw 编程指南	35
附录.....	37
1. 器件正电源 vdd.....	37
2. 器件负电源 vss.....	38
3. 负载电源 vl.....	38
4. 负载电阻 rl.....	39
5. DUT 输出电压 vo.....	39
6. 输出源表 vosm.....	40
7. 环路增益 g_loop.....	41
8. 辅助运放调节 opl_adjust.....	41
9. 输入偏置电流采样电阻 rb	42
10. 边沿发生器 (Edge Generator)	42
11. 时间测量单元 QTMU	43
12. 交流源表 acsm	43
13. 共模输入电压源 vcm.....	44

一、测试基本原理和硬件资源

运算放大器、电压比较器参数测试的基本原理符合相关国家标准和国际电工委员会（IEC）的相关标准。原理图如下图 1-1 所示：

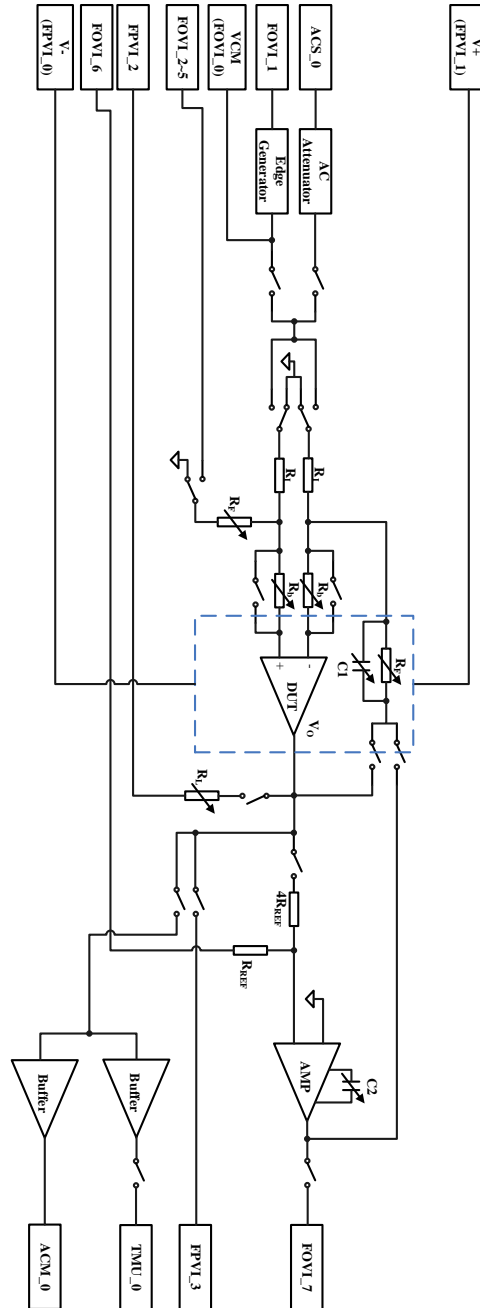
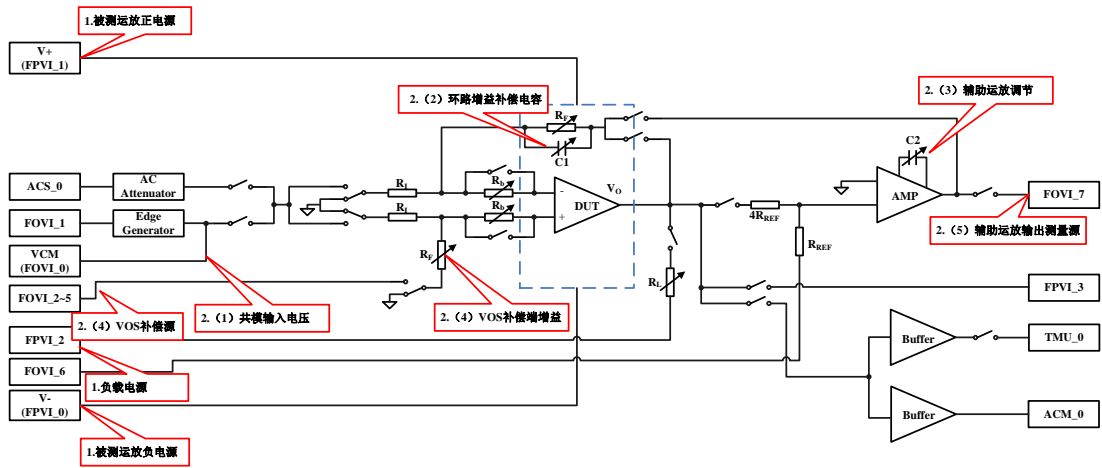


图 1-1

在 STS 8205 混合信号测试系统中测试硬件主要包括四运放环板卡、运放比较器类别板和相应品种测试适配器，同时还包括测试主机中的双路功率电压电流源（FPVI）、八路电压电流源（FOVI）、四路时间测量单元（QTMU）、交流源表（ACSM）和用户卡控制单元（CBIT）等硬件资源。

二、公共测试条件的编程介绍

运放的测试参数按照测试方式的不同，可分为两大类：闭环测试参数和开环测试参数。而闭环测试参数又分为与辅助运放闭环和被测运放自身闭环两大类。其中，VOS（失调电压）、IB/IOS（偏置电流/失调电流）、AVO（开环增益）、CMRR（共模抑制比）、PSRR（电源电压抑制比）、IS（静态电源电流）和 PS（静态功耗）都属于与辅助运放闭环的测试参数。而 SR（压摆率）和 GBW（增益带宽积）属于自身闭环测试参数。VO（输出电压）和 IO（输出电流）都属于开环测试参数。在对不同的测试参数进行编程时，有些测试条件的编程是完全相同的。对于相同的部分，将在这一章节进行统一的介绍。下图标注了各项参数在环路中对应的位置。



1. 被测运放的电源电压设置

所有测试参数都需要对被测运放的电源进行设置，对于正电源进行设置的编程选项如下

图 2-1-1 所示:

vdd	V+	15	V	器件正电源电压 (FPV11)
vdd_vrng	V+_VRng	±20V		VDD电压量程
vdd_irng	V+_IRng	±100mA		VDD电流量程
vdd_clamp1	V+_Clamp1	100	mA	VDD电流上限箝位
vdd_clamp2	V+_Clamp2	-100	mA	VDD电流下限箝位

图 2-1-1

对于负电源进行设置的编程选项如下图 2-1-2 所示:

vss	V-	-15	V	器件负电源电压 (FPV10)
vss_vrng	V-_VRng	±20V		VSS电压量程
vss_irng	V-_IRng	±100mA		VSS电流量程
vss_clamp1	V-_Clamp1	100	mA	VSS电流上限箝位
vss_clamp2	V-_Clamp2	-100	mA	VSS电流下限箝位

图 2-1-2

对于负载电源进行设置的编程选项如下图 2-1-3 所示:

vl	VL	0	V	负载电源电压 (FPVI2)
vl_vrng	VL_VRng	±10V		VL电压量程
vl_irng	VL_IRng	±100mA		VL电流量程
vl_clamp1	VL_Clamp1	100	mA	VL电流上限箝位
vl_clamp2	VL_Clamp2	-100	mA	VL电流下限箝位

图 2-1-3

根据数据手册设定器件电源 vdd 和 vss。vdd 和 vss 项有时不在手册的测试条件栏中，需参考数据手册中表格首部的隐含测试条件。对于单电源器件，vss 应设为 0V。负载电源 vl 的作用是将 DUT 的负载电阻 rl 拉到零电位或其它规定电压值。通常情况下，默认电压、电流量程以及钳位的设置即可以满足测试要求，不需要更改。如需了解更详细的量程以及钳位设置的说明，请参看附录中的相关章节。

2. 闭环测试参数中相同条件的设置

(1) 共模输入电压设置

在测试与辅助运放闭环的参数时需要设置被测运放的共模输入电压，如下图 2-2-1 所示:

vcm	VCM	0	V	共模输入电压 (FOVI0)
vcm_vrng	VCM_VRng	±20V		Vcm电压量程
vcm_irng	VCM_IRng	±10mA		VCM电流量程
vcm_clamp1	VCM_Clamp1	10	mA	VCM电流上限箝位
vcm_clamp2	VCM_Clamp2	-10	mA	VCM电流下限箝位

图 2-2-1

此处 VCM 的电压值如果填 0V，则共模输入端直接接地（并不是用 FOVI0 恒压 0V）。而如果 VCM 的电压值非 0V，则共模输入端接通到 FOVI0，由 FOVI0 通过恒压的方式提供所需的共模输入电压。通常情况下，默认电压、电流量程以及钳位的设置即可以满足测试要求，不需要更改。如需了解更详细的量程以及钳位设置的说明，请参看附录中的相关章节。

(2) 环路增益补偿电容

在测试闭环参数时，通过此项设置，可以在反馈电阻两端并联上相应大小的补偿电容，以此来调整环路的稳定性，如下图 2-2-2 所示:

loop_adjust	loop_adjust	无	环路增益补偿电容 (默认选 “无”)
-------------	-------------	---	----------------------

图 2-2-2

补偿电容共分为：无、1000pF 和 100pF 三种，通常情况下选择“无”即可。如果被测运放在环路中出现振荡，可尝试选择其他两个档位的补偿电容，有可能对环路稳定性的改善起到作用。

(3) 辅助运放调节

此项设置通过改变辅助运放的积分电容的大小来改变环路的积分时间，电容越大则积分

时间越长。设置选项如下图 2-2-3 所示：

opl_adjust	opl_adjust	1000pF	辅助运放调节 (默认选 "1000pF")
------------	------------	--------	-------------------------

图 2-2-3

辅助运放调节有四项可选，分别为：0.1uF、0.01uF、1000pF 和 100k。其中，100k 档位作为预留，在实际测试编程时不选此项。默认选 1000pF 就可以适应绝大多数运放品种的测试，如果环路出现振荡，则选用更大的积分电容档位，有助于提高环路稳定性。但代价是，环路的积分时间变长，测试时需要更长的测量延时。

(4) 失调电压 VOS 的补偿

在测试闭环参数时，如果需要进行失调电压 VOS 的补偿，则需要设置下图 2-2-4 所示的选项：

vos_compen...	vos_compens...	补偿		是否补偿VOS
g_vos	g_vos	×10000	倍	VOS补偿端增益

图 2-2-4

vos_copensation 有两个选项，分别为“补偿”和“不补偿”。选择“补偿”，则补偿端接通到提供补偿电压的 VI 源。如果选择“不补偿”，则补偿端接地。

g_vos 项用来设置补偿端的增益，共分为 100 倍、1000 倍和 10000 倍三个档位。需要根据被测器件实际的 VOS 电压的量级，合理选取补偿端的增益。增益的倍数乘以 VOS 的电压必须小于 20V。例如：选择 10000 倍增益，则最多可补偿 2mV 的 VOS。选择 1000 倍，则最多可补偿 20mV 的 VOS。如果被测器件的 VOS 大于 2mV，那么 g_vos 这一项的增益倍数就要选择 1000 倍或者 100 倍，否则就无法对失调电压进行完全的补偿。

(5) 辅助运放输出测量源

辅助运放的输出电压是通过 1 路 FOVI 来测试的，因此测试时也需要根据被测器件的特性和选取的环路的放大倍数来选择合适的量程档位，设置界面如下图 2-2-5 所示：

measure_irng	measure_irng	±10mA	辅助运放输出测量源电流量程
measure_vrng	measure_vrng	±10V	辅助运放输出测量源电压量程

图 2-2-5

三、具体参数编程指南

1. 输入失调电压 Vos 编程指南

参数定义：在规定的电源电压下，使被测器件输出电压为零（或规定值）时，两输入端间所加的直流补偿电压。

Vos 参数测试原理图如图 3-1-1 所示：

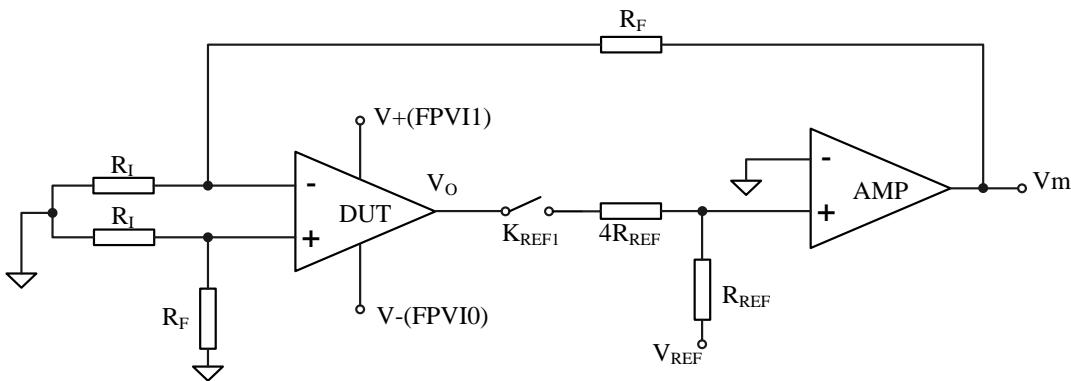


图 3-1-1

原理说明：

- 1. 器件电源端通过 FPVI1 与 FPVI0 施加规定的电源电压 V+、V-。
- 2. 通过设置基准电压 VREF (FOVI6)，使被测器件输出电压 Vo 设为规定值。
- 3. 在辅助运放输出端测试输出电压 Vm。
- 4. 输入失调电压 $V_{os} = V_m / (R_F / R_I)$ 。

手册示例：（单运放 OP177G）

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (@ $V_S = \pm 15\text{ V}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted)

OP177

Parameter	Symbol	Conditions	OP177E			OP177F			OP177G			Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	V_{os}		4	10		10	25		20	60		μV

图 3-1-2

编程示例：（单运放 OP177G）

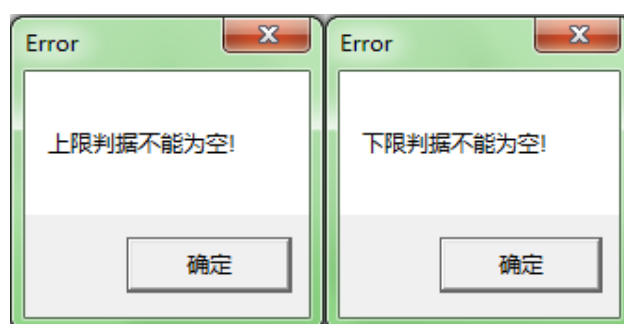
(0)VOS	<input checked="" type="checkbox"/>											
	<input checked="" type="checkbox"/>	T0	\pm	(0.0)VOS	VOS	<input checked="" type="checkbox"/>	-60	60	μV	0.00	1	输入失调电压

VO	VO	0	V	被测运放输出电压
g_loop	g_loop	×10000	倍	环路增益
loop_adjust	loop_adjust	无		环路增益补偿电容（默认选“无”...
rload	rload	none		负载电阻
opl_adjust	opl_adjust	0.1uF		辅助运放调节（默认选“1000pF...”
delay_time	delay_time	120	ms	测量延时
debug	debug	正常模式		断点调试选项

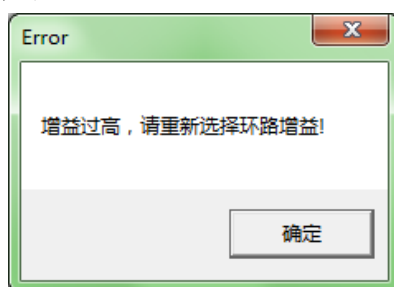
图 3-1-3

编程说明：

根据数据手册规定的合格判据设定判据项。如果没有填写判据，那么在测试时就会弹出如下图所示的对话框。点击确定，返回编程界面，填上测试判据即可。



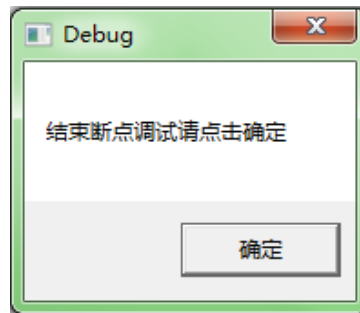
2. 根据数据手册设定器件电源 V_{dd} 和 V_{ss} 。
3. 根据数据手册规定测试条件设定输出电压 VO 项。若无明确规定，对于正负电源的器件一般设为 0V。对于单电源器件 VO 设为 0V 和 V_{dd} 之间的某一值（例如 1.4V）。
4. 环路增益的选择，在保证 $V_{os} \times g_{loop} \leq 12V$ 的情况下，环路增益要选择尽量大。如果所选的环路增益不符合条件，在进行测试时则会如下图所示，弹出对话框。点击确定，返回编程界面，选择合适的增益倍数即可。



5. 根据数据手册的要求，选择合适的负载电阻 rload。如果未要求负载电阻，选择 none 即可。
6. 对于高阻抗器件或者低失调运放（ μV 级）有时需要在测试 V_{os} 参数时增加适当的测量延时。
7. 如果测试过程中环路出现振荡，可以尝试降低环路增益倍数、选择合适的环路增益补偿电容或者在辅助运放调节选项里选择更大容值的电容。以上的做法均有可能抑制或消除振荡。
8. 如下图所示是断点调试选项：

debug	debug	正常模式	断点调试选项
-------	-------	------	--------

断点调试选项分为“正常模式”和“断点调试模式”，默认选择正常模式。如果需要用示波器长时间观测辅助运放输出波形或者想用电压表去读取电压值，则可以选择断点调试模式。在断点模式下测试 VOS 时会弹出如下对话框：



此时被测运放会被持续供电，辅助运放输出端也会得到一个持续稳定的输出。在此模式下，可以更方便的用仪表去测量读取输出的电压和波形。点击确定按钮后，被测运放的供电归零，器件下电，测试结束。

2. 输入偏置电流 I_{b+} （同相）、 I_{b-} （反相）、 I_b ，失调电流 I_{os} 编程指南

参数定义：

I_{b+} ：在规定的电源电压下，使被测器件输出电压为零（或规定值）时，流入（或流出）器件同相端的电流。

I_{b-} ：在规定的电源电压下，使被测器件输出电压为零（或规定值）时，流入（或流出）器件反相端的电流。

I_b ：在规定的电源电压下，使被测器件输出电压为零（或规定值）时，流入（或流出）器件两输入端的平均电流。

I_{os} ：在规定的电源电压下，使被测器件输出电压为零（或规定值）时，流入（或流出）器件两输入端的电流之差。

I_b 相关参数测试原理图如图 3-2-1 所示：

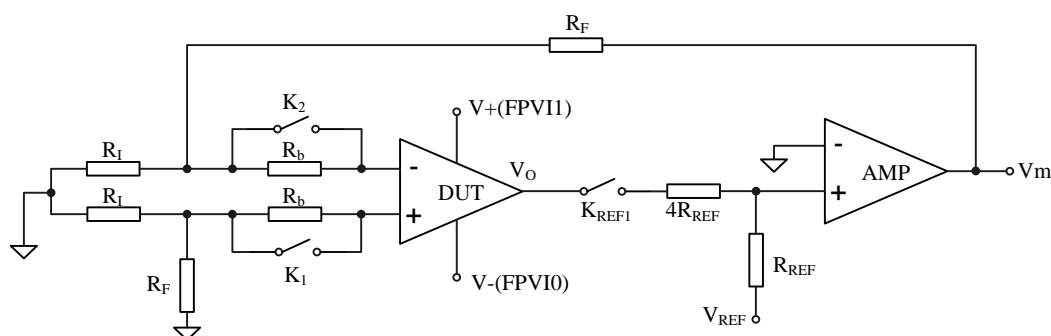


图 3-2-1

原理说明：

1. 器件电源端通过 FPVI1 与 FPVI0 施加规定的电源电压 V_+ 、 V_- 。
2. 通过设置基准电压 V_{REF} （FOVI6）使被测器件输出电压 V_O 设为规定值。
3. 闭合开关 K_1 和 K_2 ，在辅助运放输出端测试输出电压 V_{m0} 。
4. 断开开关 K_1 ，在辅助运放输出端测试输出电压 V_{m1} 。
5. 同相端输入偏置电流 $I_{b+} = (V_{m1} - V_{m0}) \times R_I / (R_F \times R)$ 。
6. 闭合开关 K_1 ，断开开关 K_2 ，在辅助运放输出端测试输出电压 V_{m2} 。
7. 反相端输入偏置电流 $I_{b-} = (V_{m2} - V_{m0}) \times R_I / (R_F \times R)$ 。
8. 输入偏置电流 $I_b = (I_{b+} + I_{b-}) / 2$ 。
9. 输入失调电流 $I_{os} = I_{b+} - I_{b-}$ 。

手册示例：（单运放 OP177G）

OP177-SPECIFICATIONS

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (@ $V_S = \pm 15\text{ V}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted)

Parameter	Symbol	Conditions	Min	OP177A Typ	Max	Min	OP177B Typ	Max	Units
Input Offset Voltage	V_{OS}			4	10		10	25	μV
Long-Term Input Offset Voltage Stability	$\Delta V_{OS}/\text{Time}$	(Note 1)		0.2			0.2		$\mu\text{V}/\text{Mo}$
Input Offset Current	I_{OS}			0.3	1.0		0.3	1.5	nA
Input Bias Current	I_B		-0.2		1.5	-0.2		2.0	nA

图 3-2-2

编程示例：（单运放 OP177G）

(1)IB	<input checked="" type="checkbox"/>												
	<input checked="" type="checkbox"/>	T1	+	(1.0)IB2	IB+	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.2	2.8	nA	0.000	1		同相输入偏置电流
	<input checked="" type="checkbox"/>	T2	+	(1.1)IB1	IB-	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.2	2.8	nA	0.000	1		反相输入偏置电流
	<input checked="" type="checkbox"/>	T3	+	(1.2)IB	IB	<input checked="" type="checkbox"/>	-0.2	2.8	nA	0.000	1		输入偏置电流
	<input checked="" type="checkbox"/>	T4	+	(1.3)IOS	IOS	<input checked="" type="checkbox"/>	-2.8	2.8	nA	0.000	1		输入失调电流
VO		VO		0	V								被测运放输出电压
measure_irng		measure_irng		$\pm 10\text{mA}$									辅助运放输出测量源电流量程
measure_vrng		measure_vrng		$\pm 10\text{V}$									辅助运放输出测量源电压量程
g_loop		g_loop		$\times 1000$	倍								环路增益
loop_adjust		loop_adjust		无									环路增益补偿电容（默认选“无”...
opl_adjust		opl_adjust		0.1uF									辅助运放调节（默认选“1000pF...”
rb		rb		200K									IB采样电阻
rload		rload		none									负载电阻
delay_time		delay_time		60	ms								测量延时
interval		interval		200	uS								采样间隔

图 3-2-3

编程说明：

1. 根据数据手册规定的合格判据设定判据项。如果没有填写判据，在测试时会弹出提示框。
2. 根据数据手册设定器件电源 V_{DD} 和 V_{SS} 。对于单电源器件 V_{SS} 应设为 0V。
3. 根据数据手册规定的测试条件设定器件输出电压 VO 项。若无说明对于正负电源器件一般 VO 应设为 0V，对于单电源器件 VO 的设置可参照 V_{OS} 参数。
4. 对于高阻抗器件或低 IB 运放（pA 级）有时需要在测试 IB 参数时增加测量延时。
5. 需要注意：（ IB （ $IB+$ 、 $IB-$ ） $\times rb \times g_loop$ ）应在 $\pm 12\text{V}$ 电压范围内。
6. 偏置电流 IB 、失调电流 I_{OS} 参数的测试提取了 $IB+$ 和 $IB-$ 的测试结果并对其计算得到。
7. 在选择偏置电阻 rb ，环路增益 g_loop 时，为了获取稳定的环路和测量结果，在满足第 5 条的前提下，建议采用如下优先次序选择原则：首先环路增益 g_loop 越大越好，其次偏置电阻 rb 越小越好。
8. 偏置电阻 rb 还有一个 0.01uF 的电容档位，在测试 pA 级 IB 的运放品种时，电容档位相比电阻档有更好的测试效果。电容档的测试原理是通过被测器件的 ib 给电容充电，同时对电容两端的电压进行采样，计算电压变化的斜率，进而得到 ib 值。当选择电容档时，就不需要满足第 5 条了。而应该满足：（ IB （ $IB+$ 、 $IB-$ ） $\times C_{rb} \times t \times g_loop$ ）在 $\pm 12\text{V}$ 电压范围内。这是为了保证电容在充电过程中电压不会达到饱和，如果测试过程中电压达到饱和，

那么就会导致测出的斜率不准。因此在测试过程中加了判断，如果电压饱和，则会弹出如下图所示的对话框：



根据式 $I_b(I_{b+}, I_{b-}) \times C_{rb} \times t \times g_{loop}$ ，若想解决电压饱和问题，可以降低环路增益 g_{loop} 的倍数或者减少充电时间 t 。而其中充电时间 t 与采样间隔 $interval$ 是正相关的关系，因此减小采样间隔 $interval$ 就可以减少充电时间。采样间隔 $interval$ 的编程选项如下图所示：

interval	interval	200	uS	采样间隔
----------	----------	-----	----	------

注：采样间隔 $interval$ 这项条件的值只在 **IB** 采样电阻 **rb** 选择为电容档时有效，如果使用电阻档位进行测试，则 $interval$ 的值不起作用。另外，电容档在测试极低 **IB** 的品种时虽然能获得更稳定且更好的结果，但是由于电容需要一定的充电时间，往往电容档要比电阻档花费更长的测试时间。所以，在测试时优先选择电阻档，而对于 **IB** 小于 10pA 的运放品种，电阻档的测试效果可能不好，此时可以尝试用电容档进行测试。

3. 开环电压增益 A_{VO} 编程指南

参数定义：器件开环时，在规定的电源电压、负载电阻和输出电压范围内，输出电压变化与差模输入电压变化之比。

A_{VO} 参数（闭环）测试原理图如图 3-3-1 所示：

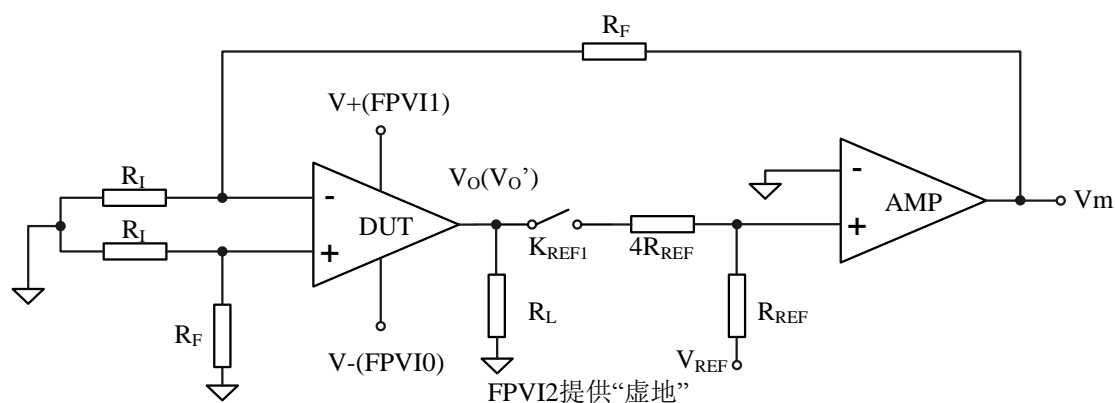


图 3-3-1

原理说明：

1. 开环电压增益也称大信号电压增益，根据测试标准在实际测试中采用闭环方法进行测试。
2. 器件电源端通过 FPVI1 和 FPVI0 施加规定的电源电压 V_+ 、 V_- 。
3. 器件输出端接入规定的负载电阻 R_L 。
4. 通过设置基准电压 V_{REF} (FOVI6)，使被测器件输出电压 VO 设定为规定值。
5. 在辅助运放输出端测试输出电压 V_{m1} 。
6. 通过设置基准电压 V_{REF} ，使被测器件输出电压 VO' 设定为规定值。
7. 在辅助运放输出端测试输出电压 V_{m2} 。
8. 开环电压增益 $A_{VO} = (VO' - VO) / ((V_{m2} - V_{m1}) / (R_F / R_I))$ 。

手册示例：（单运放 OP177G）

OP177–SPECIFICATIONS

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (@ $V_S = \pm 15\text{ V}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted)

Parameter	Symbol	Conditions	OP177A			OP177B			Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	V_{OS}	(Note 1)		4	10		10	25	μV
Long-Term Input Offset Voltage Stability	$\Delta V_{OS}/\text{Time}$			0.2			0.2		$\mu\text{V}/\text{Mo}$
Input Offset Current	I_{OS}	$f_o = 1\text{ Hz to } 100\text{ Hz}^2$		0.3	1.0		0.3	1.5	nA
Input Bias Current	I_B		-0.2		1.5	-0.2		2.0	nA
Input Noise Voltage	e_n			118	150		118	150	nV rms
Input Noise Current	i_n			3	8		3	8	pA rms
Input Resistance Differential-Mode	R_{IN}	(Note 3)	26	45		26	45		M Ω
Input Resistance Common-Mode	R_{INCM}			200			200		G Ω
Input Voltage Range	IVR	(Note 4)	± 13	± 14		± 13	± 14		V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$V_{CM} = \pm 13\text{ V}$	130	140		130	140		dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$V_S = \pm 3\text{ V to } \pm 18\text{ V}$	120	125		115	125		dB
Large Signal Voltage Gain	A_{VO}	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega$, $V_O = \pm 10\text{ V}^5$	5000	12000		5000	12000		V/mV

图 3-3-2

编程示例：（单运放 OP177G）

(2)AVO	<input checked="" type="checkbox"/>											
	<input checked="" type="checkbox"/>	T5	+	(2.0)AVO	AVO	<input checked="" type="checkbox"/>	2000		V/mV	0.0	1	开环增益
VO1	VO1	10		V								被测运放输出电压
VO2	VO2	-10		V								被测运放输出电压
g_loop	g_loop	$\times 1000$		倍								环路增益
loop_adjust	loop_adjust	无										环路增益补偿电容（默认选“无” ...
rload	rload	none										负载电阻
opl_adjust	opl_adjust	0.1uF										辅助运放调节（默认选“1000pF...”
delay_time	delay_time	100		ms								测量延时

图 3-3-3

编程说明：

1. 数据手册中 AVO 参数的单位为 V/mV 或者 dB，编程时选择对应得单位系统能自动进行转换。
2. 根据数据手册规定的合格判据（必要时经转换）设定 判据项。
3. 根据数据手册通过 FPV11 和 FPV10 设定器件电源 Vdd 和 Vss。Vdd 和 Vss 项有时不在手册的测试条件栏中，需参考数据手册中表格首部的隐含测试条件。对于单电源器件，Vss 应设为 0V。
4. 根据数据手册规定的测试条件设定输出电压 VO1 和 VO2 项。
5. 根据数据手册规定的测试条件设定负载电阻 RL。注意：程序提供的 RL 选择为 None、0.62K 至 100K 六个档位可选。
6. 对于开环增益 AVO 大于 110dB 的高增益器件，应增加适当延时。

4. 共模抑制比 CMRR（变电源法）编程指南

参数定义：在规定的电源电压和输出电压范围内，差模电压增益与共模电压增益之比。

CMRR 参数（变电源法）测试原理图如图 3-4-1 所示：

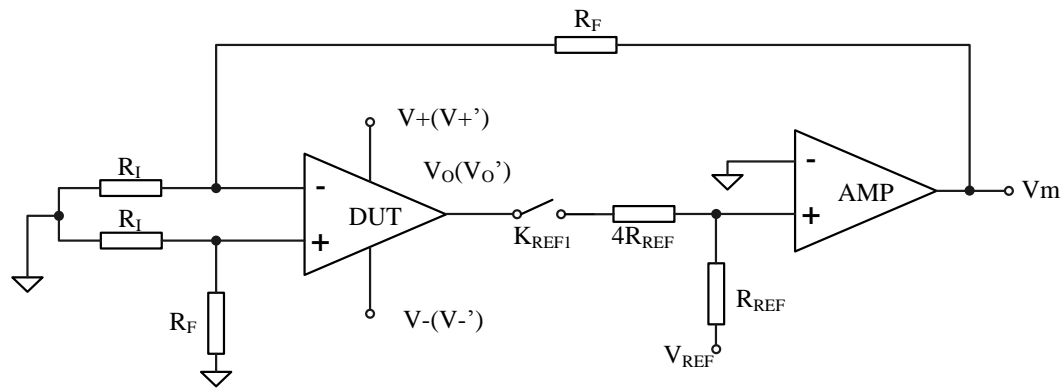


图 3-4-1

原理说明：

1. 共模抑制比（变电源法）采用同时改变器件电源 V_+ 和 V_- 的方法，使器件输入端等效得到共模输入电压。
2. 器件电源端施加规定的电源电压 V_+ 、 V_- ，等效器件输入端接入共模电压 V_{CM1} 。
3. 通过设置基准电压 V_{REF} ，使被测器件输出电压 V_O 设定为规定值。
4. 在辅助运放输出端测试输出电压 V_{m1} 。
5. 改变器件电源端施加的电源电压为 V_+' 、 V_-' ，等效器件输入端接入共模电压 V_{CM2} 。
6. 通过设置基准电压 V_{REF} ，使被测器件输出电压 V_O' 设定为规定值。
7. 在辅助运放输出端测试输出电压 V_{m2} 。
8. 共模抑制比 $CMRR = (V_{CM2} - V_{CM1}) / ((V_{m2} - V_{m1}) / (R_F / R_I))$ 。

手册示例：（单运放 OP177G）

OP177-SPECIFICATIONS

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (@ $V_S = \pm 15\text{ V}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted)

Parameter	Symbol	Conditions	OP177A			OP177B			Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	V_{OS}			4	10		10	25	μV
Long-Term Input Offset Voltage Stability	$\Delta V_{OS}/\text{Time}$	(Note 1)		0.2			0.2		$\mu\text{V}/\text{Mo}$
Input Offset Current	I_{OS}			0.3	1.0		0.3	1.5	nA
Input Bias Current	I_B		-0.2		1.5	-0.2		2.0	nA
Input Noise Voltage	e_n	$f_n = 1\text{ Hz to }100\text{ Hz}^2$		118	150		118	150	nV rms
Input Noise Current	i_n	$f_n = 1\text{ Hz to }100\text{ Hz}^2$		3	8		3	8	pA rms
Input Resistance Differential-Mode	R_{IN}	(Note 3)	26	45		26	45		M Ω
Input Resistance Common-Mode	R_{INCM}			200			200		G Ω
Input Voltage Range	IVR	(Note 4)	± 13	± 14		± 13	± 14		V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$V_{CM} = \pm 13\text{ V}$	130	140		130	140		dB

图 3-4-2

编程示例：(单运放 OP177G)

(3)CMRR	<input checked="" type="checkbox"/>													
	<input checked="" type="checkbox"/>		T6	+	(3.0)CMRR	CMRR	<input checked="" type="checkbox"/>	115			dB	0.0	1	共模抑制比(变电源)
vdd1			V+			2		V			器件正电源电压(FPVI1)			
vdd2			V+			28		V			器件正电源电压(FPVI1)			
vss1			V-			-28		V			器件负电源电压(FPVI0)			
vss2			V-			-3		V			器件负电源电压(FPVI0)			
VO1			VO1			-13		V			被测运放输出电压			
VO2			VO2			13		V			被测运放输出电压			
g_loop			g_loop			×1000		倍			环路增益			
loop_adjust			loop_adjust			无					环路增益补偿电容(默认选“无” ...			
rload			rload			none					负载电阻			
opl_adjust			opl_adjust			0.1uF					辅助运放调节(默认选“1000pF...			
delay_time			delay_time			100		ms			测量延时			

图 3-4-3

编程说明:

1. 根据数据手册规定的合格判据设定判据项。
2. 根据数据手册设定器件电源 V_{dd1} 和 V_{ss1} 、 V_{dd2} 和 V_{ss2} ，等效成在输入端分别加入了 V_{cm1} 和 V_{cm2} 。例如对于器件手册中注明 $V_{cm} = \pm 13V$ 的 OP177 器件，两次电源设置 $V_{dd1} = 2V$ 和 $V_{ss1} = -28V$ （此时 $V_{cm1} = -13V$ ）、 $V_{dd2} = 28V$ 和 $V_{ss2} = -2V$ （ $V_{cm2} = 13V$ ）。
3. 根据数据手册规定的测试条件设定器件输出电压 $VO1, VO2$ 项，该项需与电源的填写对应一致。通常输出电压 $VO1, VO2$ 的值与器件手册中规定的 $V_{cm} = \pm 13V$ 相对应，以使输出保持在正负电源电压（或者正电源与地）之间的某个值上。
4. 对于共模抑制比 $CMRR$ 大于 $110dB$ 的高共模抑制比器件，应增加适当延时。

5. 共模抑制比 CMRR-I （共模输入法）编程指南

参数定义：在规定的电源电压和输出电压范围内，差模电压增益与共模电压增益之比。

CMRR 参数（共模输入法）测试原理图如图 3-5-1 所示：

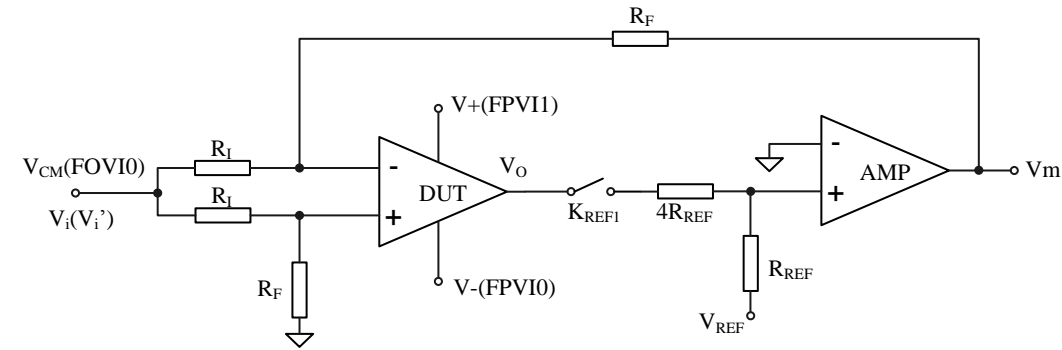


图 3-5-1

原理说明：

1. 共模抑制比（共模输入法）采用向器件两输入端同时施加共模电压 V_i 和 V_i' 的方法测试共模抑制比。
2. 器件电源端施加规定的电源电压 V_+ 、 V_- 。
3. 通过设置基准电压 V_{REF} ，使被测器件输出电压 V_O 设定为规定值。
5. 在器件两输入端同时施加共模电压 V_i ，在辅助运放输出端测试输出电压 V_{m0} 。
6. 在器件两输入端同时施加共模电压 V_i' ，在辅助运放输出端测试输出电压 V_{m1} 。
7. $CMRR = (V_i' - V_i) / ((V_{m1} - V_{m0}) / (R_F / R_I))$ 。

手册示例：（双运放 LM358）

CMRR	Common-mode rejection ratio	$V_{CC} = 5\text{ V to MAX,}$ $V_{IC} = V_{ICR(min)}$	25°C	70	80	65	80	dB
------	-----------------------------	--	------	----	----	----	----	----

图 3-5-2

(4)CMRRi												
		T7	÷	(4.0)CMR...	CMRRi		65		dB	0.0	2	共模抑制比（共模输入法）
vcm1	VCM1			0		V			共模输入电压（FOVI0）			
vcm2	VCM2			3.5		V			共模输入电压（FOVI0）			
VO	VO			0		V			被测运放输出电压			
g_loop	g_loop			×1000		倍			环路增益			
loop_adjust	loop_adjust			无					环路增益补偿电容（默认选“无” ...			
rload	rload			none					负载电阻			
opl_adjust	opl_adjust			1000pF					辅助运放调节（默认选“1000pF...”			
delay_time	delay_time			10		ms			测量延时			

编程说明:

- 16

6. 电源电压抑制比 PSRR 编程指南

参数定义：

电源电压抑制比：器件电源的单位电压变化所引起的输入失调电压的变化率。

正电源电压抑制比：器件正电源的单位电压变化所引起的输入失调电压的变化率。

负电源电压抑制比：器件负电源的单位电压变化所引起的输入失调电压的变化率。

PSRR 参数测试原理图如图 3-6-1 所示：

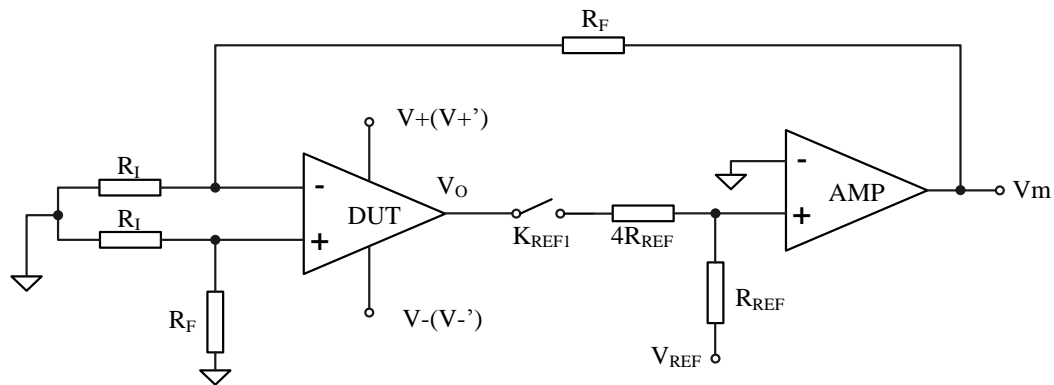


图 3-6-1

原理说明：

1. 器件电源端通过 FPVI1 和 FPVI0 施加规定的电源电压 V_+ 、 V_- 。
2. 通过设置基准电压 V_{REF} ，使被测器件输出电压 V_O 设定为规定值。
3. 在辅助运放输出端测试输出电压 V_{m0} 。
4. 同时改变正负电源端施加的电压，由 V_+ 变为 V_+' ， V_- 变为 V_-' 。
5. 在辅助运放输出端测试输出电压 V_{m1} 。
6. 电源电压抑制比 $PSRR = ((V_+' - V_+) + (V_- - V_-')) / ((V_{m1} - V_{m0}) / (R_F / R_I))$ 。
7. 改变正电源端施加的电压，由 V_+ 变为 V_+' 。
8. 在辅助运放输出端测试输出电压 V_{m2} 。
9. 正电源电压抑制比 $PSRR_+ = (V_+' - V_+) / ((V_{m2} - V_{m0}) / (R_F / R_I))$ 。
10. 改变负电源端施加的电压，由 V_- 变为 V_-' 。
11. 在辅助运放输出端测试输出电压 V_{m3} 。
12. 负电源电压抑制比 $PSRR_- = (V_- - V_-') / ((V_{m3} - V_{m0}) / (R_F / R_I))$ 。

手册示例：（单运放 OP177G）

Parameter	Symbol	Conditions	OP177E		OP177F		OP177G		Units
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage	V_{OS}		4	10	10	25	20	60	μV
Long-Term Input Offset Voltage Stability	$\Delta V_{OS}/\text{Time}$	(Note 1)	0.2		0.3		0.4		$\mu V/\text{Mo}$
Input Offset Current	I_{OS}		0.3	1.0	0.3	1.5	0.3	2.8	nA
Input Bias Current	I_B		-0.2	1.0	-0.2	1.2	-0.2	1.2	nA
Input Noise Voltage	e_n	$f_n = 1 \text{ Hz to } 100 \text{ Hz}^2$	118	150	118	150	118	150	nV rms
Input Noise Current	i_n	$f_n = 1 \text{ Hz to } 100 \text{ Hz}^2$	3	8	3	8	3	8	pA rms
Input Resistance									
Differential-Mode	R_{IN}	(Note 3)	26	45	26	45	18.5	45	$M\Omega$
Input Resistance									
Common-Mode	R_{INCM}		200		200		200		$G\Omega$
Input Voltage Range	IVR	(Note 4)	± 13	± 14	± 13	± 14	± 13	± 14	V
Common-Mode Rejection Ratio	CMRR	$V_{CM} = \pm 13 \text{ V}$	130	140	130	140	115	140	dB
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	$V_S = \pm 3 \text{ V to } \pm 18 \text{ V}$	120	125	115	125	110	120	dB

图 3-6-2

编程示例：（单运放 OP177G）

(4)PSRR	<input checked="" type="checkbox"/>												
	<input checked="" type="checkbox"/>	T7	+	(4.0)PSRR	PSRR	<input checked="" type="checkbox"/>	110		dB	0.0	1		电源电压抑制比

vdd1	V+	3	V	器件正电源电压 (FPVI1)
vdd2	V+	18	V	器件正电源电压 (FPVI1)
vss1	V-	-3	V	器件负电源电压 (FPVI0)
vss2	V-	-18	V	器件负电源电压 (FPVI0)
VO	VO	0	V	被测运放输出电压
g_loop	g_loop	$\times 1000$	倍	环路增益
loop_adjust	loop_adjust	无		环路增益补偿电容 (默认选 "无" ...
rload	rload	none		负载电阻
opl_adjust	opl_adjust	0.1uF		辅助运放调节 (默认选 "1000pF...
delay_time	delay_time	100	ms	测量延时

图 3-6-3

编程说明：

1. 对于正负电源器件测试 PSRR、PSRR+ 和 PSRR- 参数，对于单电源器件测试 PSRR 参数（单电源器件 PSRR 参数与 PSRR+参数相同）。
2. 大多数 PSRR 参数的单位为 $\mu V/V$ 和 dB，编程时选择不同单位系统会自动进行转换。
3. 根据数据手册规定的合格判据设定判据项。
4. 根据数据手册规定的测试条件分别设定 Vdd1 和 Vss1，Vdd2 和 Vss2 项。正负电源器件当测试 PSRR+参数时，Vss1 与 Vss2 应填入相同的值；当测试 PSRR-参数时，Vdd1 与 Vdd2 应填入相同的值。对于单电源器件的 PSRR 测试 Vss1 与 Vss2 均填入 0V。
5. 根据数据手册规定的测试条件设定器件输出电压 Vo 项。若无说明对于正负电源器件一般 Vo 应设为 0V，对于单电源器件 Vo 的设置可参照 Vos 参数。

7. 输出电压摆幅 VO+（VOH）（开环法）编程指南

参数定义：在规定电源电压、输入电压和输出负载下，器件所能输出的最大正（高）电平值。

VO+（VOH）参数测试原理图如图 3-7-1 所示：

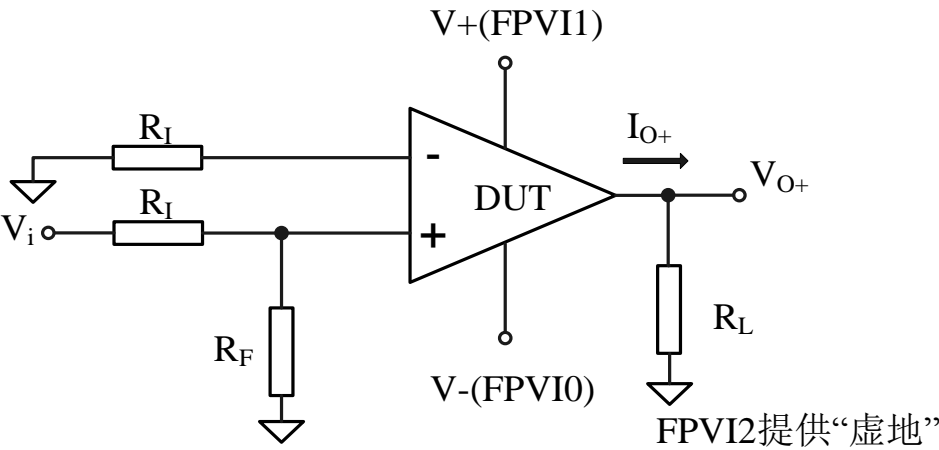


图 3-7-1

原理说明：

1. 该方法适用于比较器和运放器件的 VO+（VOH）参数测试。对于正负电源器件该参数通常记为 Vo+，对于单电源器件该参数通常记为 VOH。
2. 器件电源端施加规定的电源电压 V+、V-，对于单电源器件 V- =0V。
3. 通过设置输入电压 Vi，使器件输出 Vo 为正（高）电压。
4. 器件输出端接入规定的负载电阻或者负载电流 Io+。
5. 利用 vosm 在 DUT 输出端测试不同负载电阻（或者电流）条件下输出电压的摆幅 Vo+（VOH）。

手册示例：（四运放 LM324）

VOH	High-level output voltage	R _L = 2 kΩ	25°C	V _{CC} -1.5	V _{CC} -1.5	V _{CC} -1.5	V
		V _{CC} = 30 V, R _L = 2 kΩ	Full range	26	26	26	
		V _{CC} = 30 V, R _L ≥ 10 kΩ	Full range	27	27 28	27 28	

图 3-7-2

编程示例：（四运放 LM324）

(5)Vo	<input checked="" type="checkbox"/>										
	<input checked="" type="checkbox"/>	T8	+	(5.0)Vo	VoH(2K)	<input checked="" type="checkbox"/>	26	V	0.00	4	正电压输出摆幅 (AWG)

vdd	V+	30	V	器件正电源电压 (FPVI1)
vss	V-	0	V	器件负电源电压 (FPVI0)
vin	Vin	0.5	V	DUT输入电压
vosm_i	VOSM_I	0	A	输出源表电流 (FPVI3)
dgs	dgs	输出对地		分别表示以地、正电源或负电源为...
mode	mode	同输入，反接地		正电压输出摆幅选择同输入，负电...
rload	rload	2K		负载电阻

图 3-7-3

编程说明：

1. 本图为 LM324 在 30V 电源电压 10K 电阻负载条件下的 VOH 编程界面。
2. 根据数据手册规定的合格判据设定判据项。
3. 根据数据手册设定器件电源 Vdd 和 Vss。Vdd 和 Vss 项有时不在手册的测试条件栏中，需参考数据手册中表格首部的隐含测试条件。对于单电源器件，Vss 应设为 0V。
4. 根据数据手册规定的测试条件设定输入电压 Vin（必须为正值）。
5. 环路选择模式使 Vin 输入可以灵活的选择 DUT 的两个输入端中任意一个作为其输入端，“同输入，反接地”（应用于 Vo+（VOH））：DUT 的同相输入端接 Vin 输入，其反相输入端接地；
“反输入，同接地”（应用于 Vo-（VOL））：DUT 的反相输入端接 Vin 输入，其同相输入端接地。
6. 器件输出端除提供电阻负载外还可提供恒流负载即编程时的 vosm_i 项，使用该项时应将负载电阻 rl 项设为“NONE”。
7. 根据数据手册规定的测试条件设定负载电阻 rl 或负载电流 Io+。
8. 利用 vosm 在 DUT 的输出端分别测试不同负载条件下的 Vo+（VOH）。
9. 测量输出电压时采用了浮动的方式，在 dgs 选项里有“输出对地”，“输出对正电源”和“输出对负电源”三项可选。通常情况下选择“输出对地”即可，当测试一些轨到轨运放品种时，选择“输出对正电源”则可以直接测得被测运放与正电源之间的压差，相比于“输出对地”测量，省去了计算压差的过程。同时，由于轨到轨运放的输出电压与正电源之间的压差很小，选择“输出对正电源”可以选用更小的量程档位进行测试，以获得更好的测试精度。
10. 被测运放的正负电源以及输入信号均采用了 AWG 同步波形发生的方式，所以需要对采样间隔进行设置，采样间隔决定了 AWG 波形的整体宽度。一般采用默认的设置即可，如需加长测试波形的宽度，则可以更改如下图所示的 interval 的数值。

interval	interval	50	us	采样间隔
----------	----------	----	----	------

8. 输出电压摆幅 VO- (VOL) (开环法) 编程指南

参数定义：在规定电源电压、输入电压和输出负载下，器件所能输出的最大负（低）电平值。

VO- (VOL) 参数测试原理图如图 3-8-1 所示:

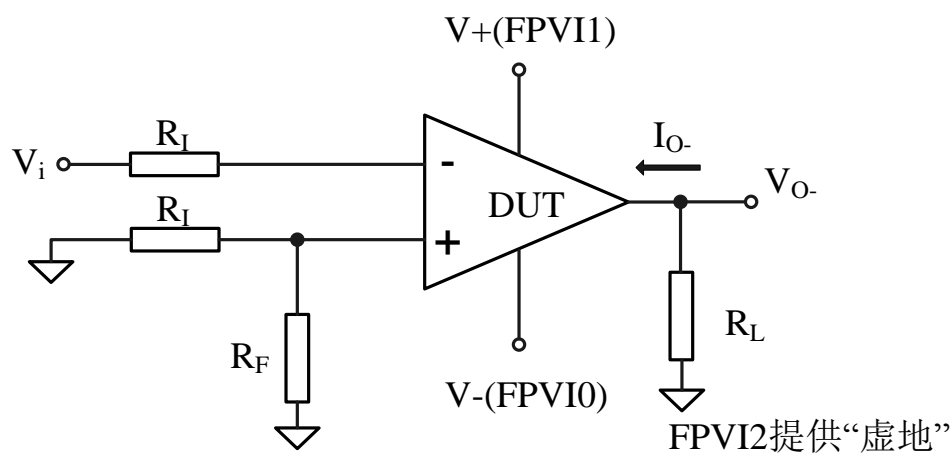


图 3-8-1

原理说明:

1. 该方法适用于比较器和运放器件的 V_{O-} (VOL) 参数测试。对于正负电源器件该参数通常记为 V_{O-} ，对于单电源器件该参数通常记为 VOL。
2. 器件电源端施加规定的电源电压 V_+ 、 V_- ，对于单电源器件 $V_- = 0V$ 。
3. 通过设置输入电压 V_i ，使器件输出 V_o 为正（高）电压。
4. 器件输出端接入规定的负载电阻或者负载电流 I_{O-} 。
5. 利用 v_{osm} 在 DUT 输出端测试不同负载电阻（或者电流）条件下输出电压的摆幅 V_{O-} (VOL)。

手册示例：（四运放 LM324 ）

V _{OL}	Low-level output voltage	R _L ≤ 10 kΩ	Full range	20	5	20	5	20	mV
-----------------	--------------------------	------------------------	------------	----	---	----	---	----	----

图 3-8-2

编程示例：（四运放 LM324）

(7)Vo	<input checked="" type="checkbox"/>												
	<input checked="" type="checkbox"/>		T10	+	(7.0)Vo	VoL	<input checked="" type="checkbox"/>		20	mV	0.00	4	负电压输出幅值 (AWG)

vdd	V+	5	V	器件正电源电压 (FPVI1)
vss	V-	0	V	器件负电源电压 (FPVI0)
vin	Vin	0.5	V	DUT输入电压
vosm_i	VOSM_I	0	mA	输出源表电流 (FPVI3)
dgs	dgs	输出对地		分别表示以地、正电源或负电源为...
mode	mode	反输入，同接地		正电压输出摆幅选择同输入，负电...
rload	rload	10K		负载电阻

图 3-8-3

编程说明：

1. 本图为 LM324 在 5V 电源电压 10K 电阻负载条件下的 VOL 编程界面。
2. 根据数据手册规定的合格判据设定判据项。
3. 根据数据手册设定器件电源 Vdd 和 Vss。Vdd 和 Vss 项有时不在手册的测试条件栏中，需参考数据手册中表格首部的隐含测试条件。对于单电源器件，Vss 应设为 0V。
4. 根据数据手册规定的测试条件设定输入电压 Vin（必须为正值）。
5. 环路选择模式使 Vin 输入可以灵活的选择 DUT 的两个输入端中任意一个作为其输入端，
“同输入，反接地”（应用于 Vo+（VOH））：DUT 的同相输入端接 Vin 输入，其反相输入端接地；
“反输入，同接地”（应用于 Vo-（VOL））：DUT 的反相输入端接 Vin 输入，其同相输入端接地。
6. 器件输出端除提供电阻负载外还可提供恒流负载即编程时的 vosm_i 项，使用该项时应将负载电阻 rl 项设为 “NONE”。
7. 根据数据手册规定的测试条件设定负载电阻 rl 或负载电流 Io-。
8. 利用 vosm 在 DUT 的输出端分别测试不同负载条件下的 Vo-（VOL）。
9. Vo-同样采用了浮动测量的方式和 AWG 同步波形发生的方式，具体参看 Vo+的编程说明。

9. 输出端源电流 IO+ (IOH) 编程指南

参数定义：在规定的电源电压下，使被测器件输出为高电平，输出端在施加规定的电压下流出器件的电流。

IO+ (IOH) 参数测试原理图如图 3-9-1 所示：

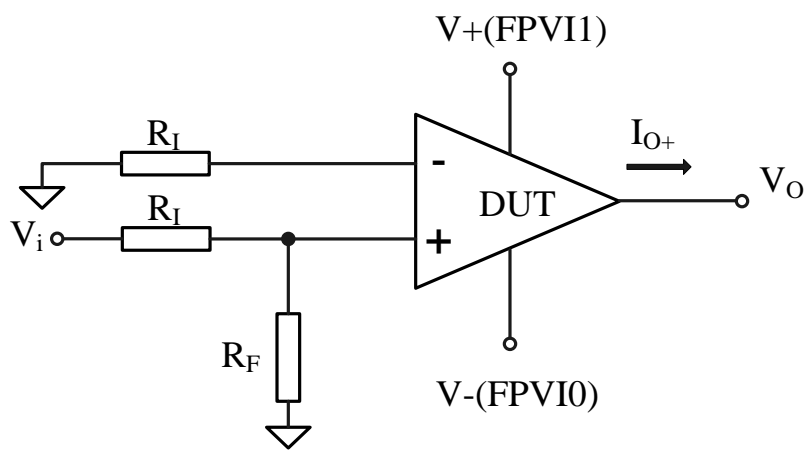


图 3-9-1

原理说明：

- 1. 器件电源端施加规定的电源电压 V+、V-。
- 2. 通过设置输入电压 Vi，使器件输出为高电平。
- 3. 在被测器件输出端施加规定的电压 Vo。
- 4. 测试流出器件的源电流 Io+ (IOH)。

手册示例：（双运放 LM358）

IO	Output current	VCC = 15 V, VID = 1 V, VO = 0	Source	25°C	-20	-30	-20	-30	mA
				Full range	-10		-10		
		VCC = 15 V, VID = -1 V, VO = 15 V	Sink	25°C	10	20	10	20	
				Full range	5		5		

图 3-9-2

编程示例：（双运放 LM358）

(9)Io	✓											
	✓	T12	±	(9.0)Io	Isource	✓	-60		mA	0.00	2	输出高电平电流 (AWG)

vdd	V+	15	V	器件正电源电压 (FPVI1)
vss	V-	0	V	器件负电源电压 (FPVI0)
vin	Vin	1	V	DUT输入电压
vosm_v	VOSM_V	5	V	输出源表电压 (FPVI3)
dgs	dgs	输出对地		分别表示以地、正电源或负电源为...
mode	mode	同输入，反接地		输出高电平电流选择同输入，输出...
rload	rload	none		负载电阻

图 3-9-3

编程说明：

1. 本图为 LM358 在 15V 电源电压、反相端接地、同相端输入 1V 条件下的 Isource 编程界面。
2. 根据数据手册规定的合格判据设定判据项。
3. 根据数据手册设定器件电源 Vdd 和 Vss。Vdd 和 Vss 项有时不在手册的测试条件栏中，需参考数据手册中表格首部的隐含测试条件。对于单电源器件，Vss 应设为 0V。
4. 根据数据手册规定测试条件设定输入电压 Vin（必须为正值）。
5. 环路选择模式使 Vin 输入可以灵活的选择 DUT 的两个输入端中任意一个作为其输入端，
“同输入，反接地”（应用于 Io+ (IOH)）：DUT 的同相输入端接 Vin 输入，其反相输入端接地；
“反输入，同接地”（应用于 Io- (IOL)）：DUT 的反相输入端接 Vin 输入，其同相输入端接地。
6. 根据数据手册规定测试条件设定 vosm 电压 vosm_v 项。
7. 当设定 vosm 电压 vosm_v = 0V 时，IO+ (IOH) 参数即为短路电流参数。
8. 利用 vosm 在 DUT 的输出端测试 IO+ (IOH)。
9. 多个单元的运放需要增大 vdd 电流档及正相箝位值。
10. 通用的运放测试程序对 VOSM 输出源表的电流档位进行了限制，最大为 ±1A 档。但是在测试功率运放品种时，往往需要 VOSM 输出源表测量超过 1A 的电流。需要在通用运放测试程序的基础上进行单独程序开发，来解锁 ±10A 档，同时还应在适配器上增加相应的能通过大电流的继电器。
11. 被测运放的正负电源以及输入信号均采用了 AWG 同步波形发生的方式，所以需要对采样间隔进行设置，采样间隔决定了 AWG 波形的整体宽度。一般采用默认的设置即可，如需加长测试波形的宽度，则可以更改如下图所示的 interval 的数值。

interval	interval	50	us	采样间隔
----------	----------	----	----	------

10. 输出端漏电流 IO-（IOL）编程指南

参数定义：在规定的电源电压下，使被测器件输出为低电平，输出端在施加规定的电压下流入器件的电流。

IO-（IOL）参数测试原理图如图 3-10-1 所示：

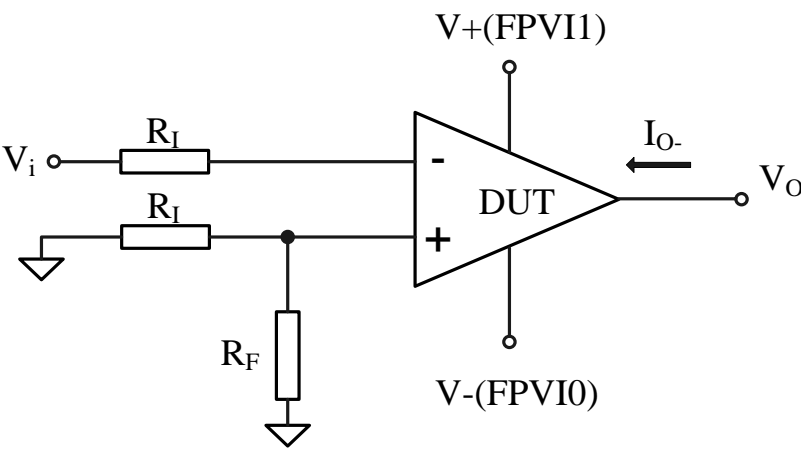


图 3-10-1

原理说明：

- 1. 器件电源端施加规定的电源电压 V_+ 、 V_- 。
- 2. 通过设置输入电压 V_i ，使器件输出为低电平。
- 3. 在被测器件输出端施加规定的电压 V_o 。
- 4. 测试流出器件的源电流 I_o- （IOL）。

手册示例：（双运放 LM358）

I _O	Output current	V _{CC} = 15 V, V _{ID} = 1 V, V _O = 0	Source	25°C	-20	-30	-20	-30	mA
				Full range	-10		-10		
		V _{CC} = 15 V, V _{ID} = -1 V, V _O = 15 V	Sink	25°C	10	20	10	20	
				Full range	5		5		

编程示例：（双运放 LM358）

(10)Io	<input checked="" type="checkbox"/>												
	<input checked="" type="checkbox"/>	T13	+	(10.0)Io	IoL	<input checked="" type="checkbox"/>	10		mA	0.00	2	输出低电平电流 (AWG)	
vdd		V+		15			V		器件正电源电压 (FPVI1)				
vss		V-		0			V		器件负电源电压 (FPVI0)				
vin		Vin		1			V		DUT输入电压				
vosm_v		VOSM_V		1.4			V		输出源表电压 (FPVI3)				
dgs		dgs		输出对地					分别表示以地、正电源或负电源为...				
mode		mode		反输入，同接地					输出高电平电流选择同输入，输出...				
rload		rload		none					负载电阻				

图 3-10-3

编程说明：

1. 本图为 LM358 在 15V 电源电压、同相端接地、反相端输入 1V 条件下的 Isink 编程界面。
2. 根据数据手册规定的合格判据设定判据项。
3. 根据数据手册设定器件电源 Vdd 和 Vss。Vdd 和 Vss 项有时不在手册的测试条件栏中，需参考数据手册中表格首部的隐含测试条件。对于单电源器件，Vss 应设为 0V。
4. 根据数据手册规定测试条件设定输入电压 Vin（必须为正值）。
5. 环路选择模式使 Vin 输入可以灵活的选择 DUT 的两个输入端中任意一个作为其输入端，
“同输入，反接地”（应用于 Io+（IOH）：DUT 的同相输入端接 Vin 输入，其反相输入端接地；
“反输入，同接地”（应用于 Io-（IOL）：DUT 的反相输入端接 Vin 输入，其同相输入端接地。
6. 根据数据手册规定测试条件设定 vosm 电压 vosm_v 项。
7. 利用 vosm 在 DUT 的输出端测试 IO+（IOH）。
8. 多个单元的运放需要增大 vss 电流档及反相箝位值。
9. 通用的运放测试程序对 VOSM 输出源表的电流档位进行了限制，最大为±1A 档。但是在测试功率运放品种时，往往需要 VOSM 输出源表测量超过 1A 的电流。需要在通用运放测试程序的基础上进行单独程序开发，来解锁±10A 档，同时还应在适配器上增加相应的能通过大电流的继电器。
10. 被测运放的正负电源以及输入信号均采用了 AWG 同步波形发生的方式，所以需要设置采样间隔进行设置，采样间隔决定了 AWG 波形的整体宽度。一般采用默认的设置即可，如需加长测试波形的宽度，则可以更改如下图所示的 interval 的数值。

interval	interval	50	us	采样间隔
----------	----------	----	----	------

11. 电源电流 Is 编程指南

参数定义：

Is+： 在规定的电源电压下，流入器件正电源端的电流。

Is-： 在规定的电源电压下，流入器件负电源端的电流。

Is 参数测试原理图如图 3-11-1 所示：

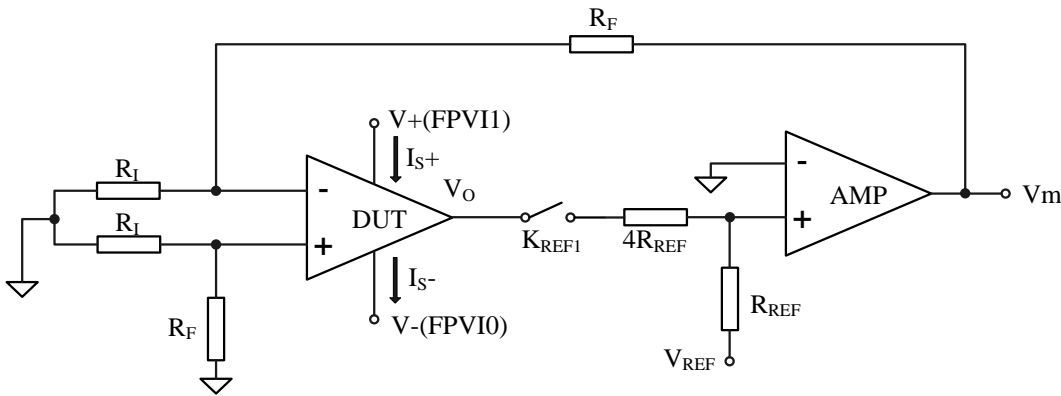


图 3-11-1

原理说明：

- 1. 对于单电源器件只测 Is+，此时 Is+与 Is 相同。
- 2. 器件电源端施加规定的电源电压 V+、V-。
- 3. 在被测器件输出端施加规定的正电压 Vo。
- 4. 测试流入器件正电源端的电源电流 IS+。
- 5. 测试流入器件负电源端的电源电流 IS-。

手册示例：（单运放 OP177G）

Supply Current	Isy	Vs = ±15 V, No Load	1.6	2.0	1.6	2.0	1.6	2.0
----------------	-----	---------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

图 3-11-2

(11)IS1	<input checked="" type="checkbox"/>												
	<input checked="" type="checkbox"/>	T14	+	(11.0)IS1	IS+	<input checked="" type="checkbox"/>			2	mA	0.000	1	静态电流
vdd		V+			15			V		器件正电源电压 (FPVI1)			
vss		V-			-15			V		器件负电源电压 (FPVI0)			
VO		VO			0			V		被测运放输出电压			
g_loop		g_loop			×100			倍		环路增益			
loop_adjust		loop_adjust			无					环路增益补偿电容 (默认选 “无” ...			
rload		rload			none					负载电阻			
opl_adjust		opl_adjust			0.1uF					辅助运放调节 (默认选 “1000pF...			
delay_time		delay_time			30			ms		测量延时			

编程说明:

- 28

12. 静态功耗 Ps 编程指南

参数定义：输入端无信号且输出端无负载时，器件所消耗的电功率。

Ps 参数测试原理图如图 3-12-1 所示：

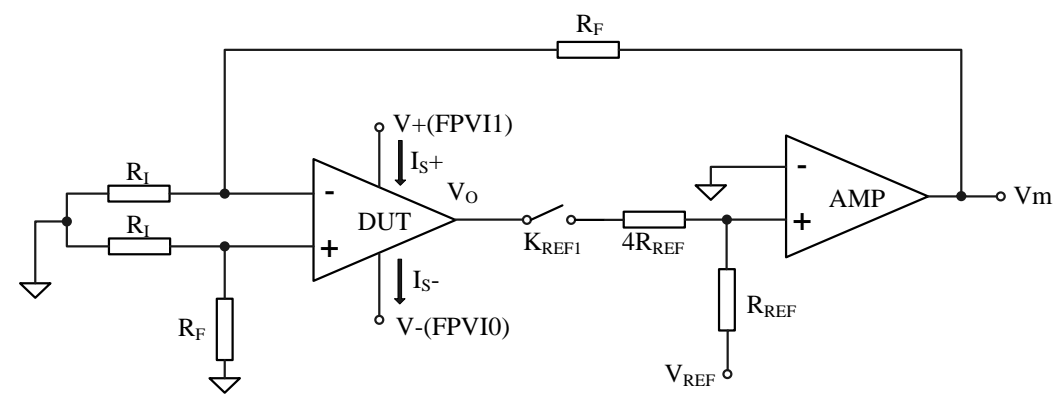


图 3-12-1

原理说明：

- 1. 器件电源端施加规定的电源电压 V_+ 、 V_- 。
- 2. 在被测器件输出端施加规定的正电压 V_O 。
- 3. 分别测试流入器件电源端的电源电流 I_{S+} 、 I_{S-} 。
- 4. 静态功耗 $PS = (V_+ \times I_{S+}) + (V_- \times I_{S-})$ 。

手册示例：（单运放 OP177G）

Power Consumption	P_D	$V_S = \pm 15\text{ V, No Load}$	50	60	50	60	50	60
		$V_S = \pm 3\text{ V, No Load}$	3.5	4.5	3.5	4.5	3.5	4.5

图 3-12-2

编程示例：（单运放 OP177G）

(9)PS	<input checked="" type="checkbox"/>											
	<input checked="" type="checkbox"/>	T12	+	(9.0)PS	PS(Vs=±1...	<input checked="" type="checkbox"/>		60	mW	0.00	1	静态功耗
vdd		V+		15	V							器件正电源电压 (FPVI1)
vss		V-		-15	V							器件负电源电压 (FPVI0)
VO		VO		0	V							被测运放输出电压
g_loop		g_loop		×100	倍							环路增益
loop_adjust		loop_adjust		无								环路增益补偿电容 (默认选 "无" ...
rload		rload		none								负载电阻
opl_adjust		opl_adjust		0.1uF								辅助运放调节 (默认选 "1000pF...
delay_time		delay_time		30	ms							测量延时

图 3-12-3

编程说明：

1. 根据数据手册规定的合格判据设定判据项。
2. 根据数据手册设定器件电源 Vdd 和 Vss。对于单电源器件，Vss 应设为 0V。
3. 输出电压 Vo 项，对于正负极性器件一般设为 0V，对于单电源器件可参考失调电压参数 Vos 中的 Vs 项设置。
4. 通常该参数安排在测试程序的最后。

13. 上升沿压摆率 Sr+编程指南

参数定义：输入端在施加规定的大信号阶跃脉冲电压时，输出电压的上升沿随时间的最大变化率。

Sr+参数测试原理图如图 3-13-1 所示：

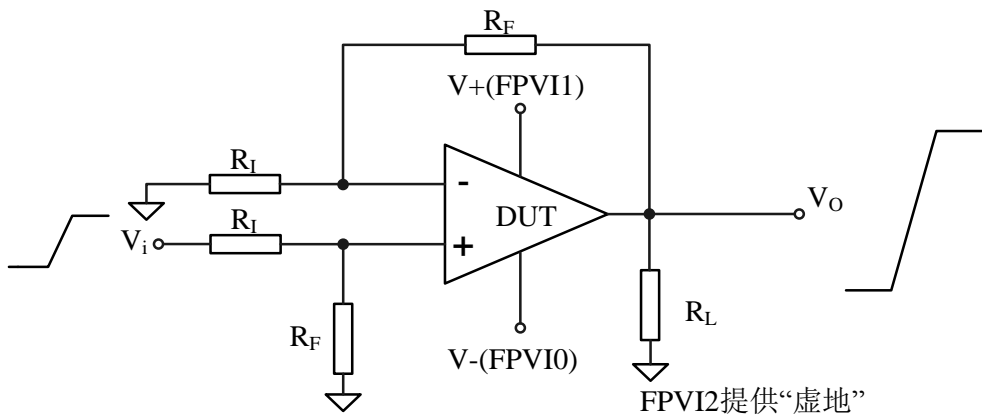


图 3-13-1

原理说明：

- 1. 器件电源端施加规定的电源电压 V+、V-。
- 2. 在 DUT 输入端施加规定的脉冲信号电压 Vi。
- 3. 在 DUT 输出端检测器件输出电压上升沿幅度变化 ΔV 和对应的变化时间 Δt。
- 4. 计算求出 $Sr+ = \frac{\Delta V}{\Delta t}$ 。

手册示例：（单运放 OP177G）

Slew Rate	SR	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega^2$	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3
-----------	----	-------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

图 3-13-2

编程示例：（单运放 OP177G）

(14)Sr	<input checked="" type="checkbox"/>												
	<input checked="" type="checkbox"/>	T17	+	(14.0)Sr	Sr+	<input checked="" type="checkbox"/>	0.1	V/us	0.00	1			上升压摆率

vdd	V+	15	V	器件正电源电压 (FPVI1)
vss	V-	-15	V	器件负电源电压 (FPVI0)
delay_time	delay_time	20	ms	测量延时
mode	mode	SR+		测试上升压摆率选择SR+，下降压...
vin	vin	2	V	输入信号跳变沿幅度
offset	offset	-1	V	输入信号初始电平
vo1	vo1	-2	V	输出电压1
vo2	vo2	2	V	输出电压2
QTMU_time_...	QTMU_time_r...	us		qtmu时间档位
rload	rload	2K		负载电阻
g_loop	g_loop	×100	倍	环路增益

图 3-13-3

编程说明：

1. 根据数据手册规定的合格判据设定判据项。
2. 根据数据手册设定器件电源 Vdd 和 Vss。对于单电源器件，Vss 应设为 0V。
3. 在 mode 选项里有“SR+”和“SR-”两个选项可选，测试上升压摆率选择 SR+，测试下降压摆率则选择 SR-，mode 选项决定了输入信号是上升沿还是下降沿。
4. vin 项用来设置输入信号跳变沿的幅度，例如，要获得一个跳变幅度为 2V 的跳变沿，vin 项填 2V 即可。
5. offset 选项用来设置输入信号的初始电平。例如，要获得一个从-1V 到+1V 跳变的输入信号，因为是上升沿，所以 mode 选项选“SR+”，因为从-1V 到+1V 跳变，跳变的幅度是 2V，所以 vin 项填 2V，因为是从-1V 开始跳变，所以初始电平为-1V，因此 offset 项填-1V。
6. 对于上升沿 SR+测试，要求 vo1 < vo2。同时要注意 vo1，vo2 的合理选择。
7. qtmu 时间档位选项有“nS”和“uS”两档可选。对于压摆率较低的运放品种，选择“uS”档。对于压摆率较高的品种，选择“nS”。通常情况下，SR<1V/uS 的运放品种选择“uS”档。

14. 下跳沿压摆率 Sr-编程指南

参数定义：输入端在施加规定的大信号阶跃脉冲电压时，输出电压的下跳沿随时间的最大变化率。

Sr-参数测试原理图如图 3-14-1 所示：

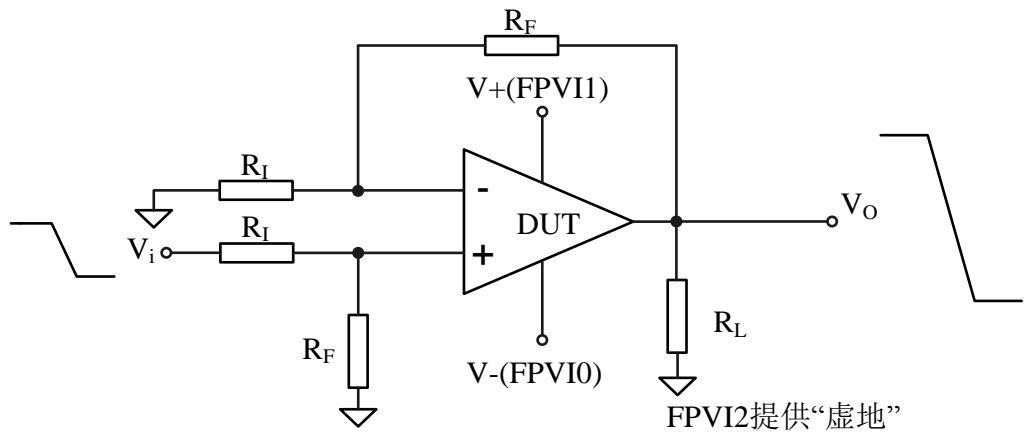


图 3-14-1

原理说明：

- 1. 器件电源端施加规定的电源电压 V_+ 、 V_- 。
- 2. 在 DUT 输入端施加规定的脉冲信号电压 V_i 。
- 3. 在 DUT 输出端检测器件输出电压下跳沿幅度变化 ΔV 和对应的变化时间 Δt 。
- 4. 计算求出 $Sr- = \frac{\Delta V}{\Delta t}$ 。

手册示例：（单运放 OP177G）

Slew Rate	SR	$R_L \geq 2\text{ k}\Omega^2$	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3
-----------	----	-------------------------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

图 3-14-2

编程示例：（单运放 OP177G）

(13)Sr	<input checked="" type="checkbox"/>											
	<input checked="" type="checkbox"/>	T16	+	(13.0)Sr	Sr-	<input checked="" type="checkbox"/>	0.1		V/us	0.00	1	下降压摆率
vdd		V+		15			V		器件正电源电压 (FPVI1)			
vss		V-		-15			V		器件负电源电压 (FPVI0)			
delay_time		delay_time		20			ms		测量延时			
mode		mode		SR-					测试上升压摆率选择SR+，下降压...			
vin		vin		2			V		输入信号跳变沿幅度			
offset		offset		1			V		输入信号初始电平			
vo1		vo1		2			V		输出电压1			
vo2		vo2		-2			V		输出电压2			
QTMU_time_...		QTMU_time_r...		us					qtmu时间档位			
rload		rload		2K					负载电阻			
g_loop		g_loop		×100			倍		环路增益			

图 3-14-3

编程说明：

1. 根据数据手册规定的合格判据设定判据项。
2. 根据数据手册设定器件电源 Vdd 和 Vss。对于单电源器件，Vss 应设为 0V。
3. 对于下跳沿 SR-测试，要求 vo1 > vo2。同时要注意 vo1，vo2 的合理选择。
4. 其余设置参考 SR+。

15. 增益带宽积 Bw 编程指南

参数定义：在 6dB/倍频程的增益-频率特性范围内，电压增益与对应频率的乘积。

Bw 参数测试原理图如图 3-15-1 所示：

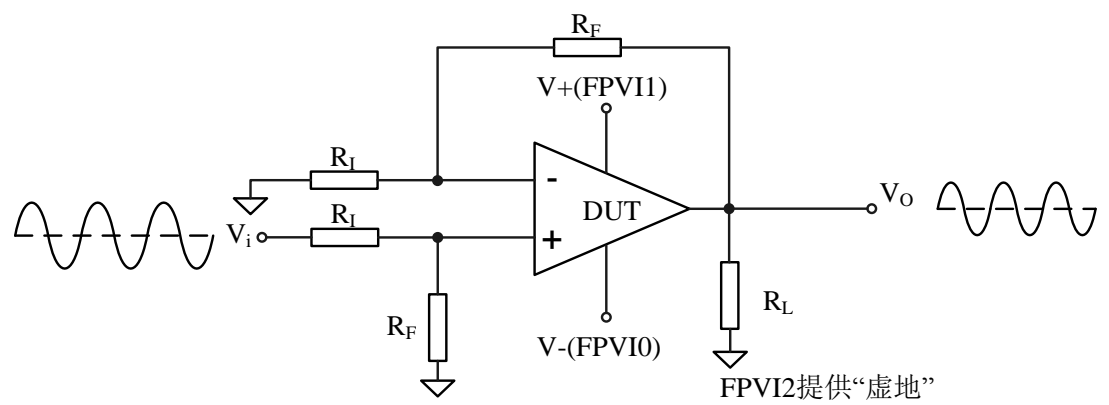


图 3-15-1

原理说明：

- 1. 器件电源端施加规定的电源电压 V+、V-。
- 2. 在 DUT 输入端施加规定的信号电压 Vi，调节信号频率为 fm，使电压增益的频率特性为 6dB/倍频程。
- 3. 在 DUT 输出端按规定的输出信号失真系数，测得电压 Vo。
- 4. 计算求出 $Bw = \frac{Vo}{Vi} \times fm$ 。

手册示例：（单运放 OP37G）

Gain-bandwidth product	f = 10 kHz	45	63	45	63	MHz
	AV ≥ 5, f = 1 MHz	40		40		

图 3-15-2

编程示例：（单运放 OP37G）

(15)bw	<input checked="" type="checkbox"/>											
	<input checked="" type="checkbox"/>	T18	+	(15.0)bw	BW	<input checked="" type="checkbox"/>	0.4	MHz	0.0	1	增益带宽积	
vdd	V+		15		V		器件正电源电压（FPVI1）					
vss	V-		-15		V		器件负电源电压（FPVI0）					
vin	Vin		10		V		DUT输入电压					
fin	Fin		100		KHz		DUT输入信号频率					
g_loop	g_loop		×100		倍		环路增益					
delay_time	delay_time		10		ms		测量延时					
rload	rload		none				负载电阻					

图 3-15-3

编程说明：

1. 根据数据手册规定的合格判据设定判据项。
2. 根据数据手册设定器件电源 Vdd 和 Vss。对于单电源器件，Vss 应设为 0V。
3. 输入电压 vin 项，由于 vin 接入 DUT 输入端之前具有联动衰减器所以输入时需要计算好，例如，要求输入 10mV，由于 g_loop 为 100 倍，所以 $vin = 100 \times 10mV = 1V$ 。
4. 输入频率 fin 的输入范围在 0.05K-200KHz 之间。

附录

1. 器件正电源 vdd

器件正电源 vdd 由测试主机中的 FPVII 提供,向被测器件(以下简称 DUT)正电源(vdd)端供电,并可完成正电源电流参数的测试。FPVII 固定为恒压(FV)模式。

器件正电源 vdd 的主要编程项如下:

(1) 正电源电压 vdd

- a) vdd 输入范围 0~+40V。
- b) vdd 应在器件正电源电压量程 vdd_vrng 的量程范围内。
- c) vdd 应避免输入负电压以防止 DUT 损坏。
- d) 某些参数测试时需要设定两个不同条件的 vdd (例如电源电压抑制比 PSRR),编程时的编程项采用 vdd1 和 vdd2。

(2) 正电源电压量程 vdd_vrng

- a) $\pm 50V$, $\pm 20V$, $\pm 10V$, $\pm 5V$, $\pm 2V$, $\pm 1V$ 和 Auto 共 7 档可选。
- b) 所选择的量程应保证覆盖 vdd 项的输入值。
- c) 选择 Auto 量程系统将会根据 vdd 项的输入值自动选择最适当的电压量程。

(3) 正电源电流量程 vdd_irng

- a) $\pm 10A$, $\pm 1A$, $\pm 100mA$, $\pm 10mA$, $\pm 1mA$, $\pm 100\mu A$ 共 6 档可选。
- b) 电流量程的选择要考虑某些参数 DUT 加载后的负载电流及多单元器件的总负载电流。
- c) 在测试电源电流时推荐选择大于电源电流最大值的临近量程。
- d) 正常参数测试时,小功率通用运放推荐使用 $\pm 100mA$ 量程。

(4) 正电源上限电流箝位 vdd_clamp1

- a) 输入范围应在器件正电源电流量程 vdd_irng 选择的量程范围内。
- b) 推荐输入所选择的电流量程满量程值或能够含盖大多数测试参数需求的某一值。

(5) 正电源下限电流箝位 vdd_clamp2

- a) 输入范围应在器件正电源电流量程 vdd_irng 选择的量程范围内。
- b) 为防止 DUT 反方向电流,推荐输入一个较小的下限箝位值。

2. 器件负电源 vss

器件负电源 vss 由测试主机中的 FPVIO 提供，向双电源 DUT 的负电源 vss 端供电，并可完成负电源电流参数的测试。器件负电源 vss 固定为恒压模式。

器件负电源 vss 的主要编程项如下：

- (1) 负电源电压 vss
 - a) vss 输入范围 0~±40V。(少数情况下为正值比如电源电压抑制比参数的测试)
 - b) vss 应在器件正电源电压量程 vss_vrng 选择的量程范围内。
 - c) vss 应避免输入正电压以防止 DUT 损坏。
 - d) 某些参数测试时需要设定两个不同条件的 vss（例如电源电压抑制比 PSRR），编程时的编程项采用 vss1 和 vss2。(此时可能需要输入正值)
- (2) 负电源电压量程 vss_vrng
 - a) ±50V，±20V，±10V，±5V，±2V，±1V 和 Auto 共 7 档可选。
 - b) 所选择的量程应保证覆盖 vss 项的输入值。
 - c) 选择 Auto 量程系统将会根据 vss 项的输入值自动选择最适当的电压量程。
- (3) 负电源电流量程 vss_irng
 - a) ±10A，±1A，±100mA，±10mA，±1mA，±100uA 共 6 档可选。
 - b) 电流量程的选择要考虑某些参数 DUT 加载后的负载电流及多单元器件的总负载电流。(例如测试双、四运放的 Io 参数时，要求电流量程档要足够大)
 - c) 在测试电源电流时推荐选择大于电源电流最大值的临近量程。
 - e) 正常参数测试时，小功率通用运放推荐使用±100mA 量程。
- (4) 负电源上限电流箝位 vss_clamp1
 - a) 输入范围应在器件负电源电流量程 vss_irng 选择的量程范围内。
 - b) 为防止 DUT 反方向电流，推荐输入一个较小的上限箝位值。
- (5) 负电源下限电流箝位 vss_clamp2
 - a) 输入范围应在器件负电源电流量程 vss_irng 选择的量程范围内。
 - b) 推荐输入所选择的电流量程满量程值或能够涵盖大多数测试参数需求的某一值。

3. 负载电源 vl

负载电源 vl 由测试主机中的 FPVI2 提供，将 DUT 的负载电阻 rl 拉到零电位或其它规定电压值。负载电源 vl 固定为恒压(FV)模式。

负载电源 vl 的主要编程项如下：

(1) 负载电源电压 v_l

- a) v_l 输入范围 $0 \sim \pm 40V$ 。
- b) v_l 应在负载电源电压量程 v_l_vrng 选择的量程范围内。

(2) 负载电源电压量程 v_l_vrng

- a) $\pm 50V$, $\pm 20V$, $\pm 10V$, $\pm 5V$, $\pm 2V$, $\pm 1V$ 和 Auto 共 7 档可选。
- b) 所选择的量程应保证覆盖 v_l 项的输入值。
- c) 选择 Auto 量程系统将会根据 v_l 项的输入值自动选择最适当的电压量程。

(3) 负载电源电流量程 v_l_irng

- a) $\pm 10A$, $\pm 1A$, $\pm 100mA$, $\pm 10mA$, $\pm 1mA$, $\pm 100\mu A$ 共 6 档可选。
- b) 电流量程的选择要满足负载电阻 r_l 和负载电源电压 v_l 的大小及取值。
- c) 电流量程的选择要满足多单元运放总负载电流的需求。
- d) 正常参数测试时, 小功率通用运放推荐使用 $\pm 100mA$ 量程。

(4) 负载电源上限电流箝位 v_l_clamp1

- a) 输入范围应在负载电源电流量程 v_l_irng 选择的量程范围内。
- b) 推荐输入所选择的电流量程满量程值或能够含盖大多数测试参数需求的某一值。

(5) 负载电源下限电流箝位 v_l_clamp2

- a) 输入范围应在负载电源电流量程 v_l_irng 选择的量程范围内。
- b) 推荐输入所选择的电流量程满量程值或能够含盖大多数测试参数需求的某一值。

4. 负载电阻 r_l

负载电阻 r_l 配合负载电源 v_l 使用, 向 DUT 输出端提供电阻负载。

- a) 分为 None、 620Ω 、 $2K$ 、 $10K$ 、 $15K$ 、 $100K$ 共 6 档可选。
- b) 如要使 DUT 获得电流负载, 可使用输出源表 v_{osm} (FPVI3)。

5. DUT 输出电压 v_o

DUT 输出电压 v_o 由测试主机中的 FOVI6、比例电阻 R_{REF} 共同完成控制, 其关系为:

$$v_o = V_{DAC} \times 4。$$

DUT 输出电压 v_o 的主要编程项如下:

(1) 输出电压 v_o

- a) v_o 输入范围为 $0 \sim \pm 40V$;
- b) 系统会根据 v_o 的输入值和输出电压控制电阻比例 R_2 / R_1 自动设置 FOVI6 的电压。

-
- c) 某些参数测试时需要设定两个不同条件的 v_o (例如开环增益 A_{vo})，编程时的编程项采用 v_{o1} 和 v_{o2} 。

6. 输出源表 v_{osm}

如图 1-1 所示，输出源表 v_{osm} (对应系统硬件为 FPVI3) 完成对 DUT 输出端的恒流测压 (如 V_{o+} 、 V_{o-} 、 V_{OH} 、 V_{OL} 等参数) 和恒压测流 (如 I_{o+} 、 I_{o-} 、 I_{os} 等参数) 的驱动和测量。

输出源表 V_{OSM} 的主要编程项如下：

- (1) 输出源表工作方式 v_{osm_mode}
 - a) 根据具体参数的测试，分为 FVMI (恒压测流)、FIMV (恒流测压)、Null (无效) 共 3 种工作方式。
 - b) FVMI 方式下 (2) - (6) 项有效，FIMV 方式下 (7) - (11) 项有效，Null 方式下输出源表不工作并且不连接到 DUT 输出端。
- (2) 输出源表电压 v_{osm_v} (恒压方式)
 - a) V_{OSM_V} 输入范围 $0 \sim \pm 40V$ 。
 - b) V_{OSM_V} 应在输出源表电压量程 v_{osm_vrng} 所选择的范围内。
 - c) V_{OSM_V} 输入范围通常应在 $V+$ 和 $V-$ 的范围之内。
- (3) 输出源表电压量程 v_{osm_vrng} (恒压方式)
 - a) $\pm 50V$ ， $\pm 20V$ ， $\pm 10V$ ， $\pm 5V$ ， $\pm 2V$ ， $\pm 1V$ 和 Auto 共 7 档可选。
 - b) 所选择的量程应保证覆盖 v_{osm_v} 项的输入值。
 - c) 选择 Auto 量程系统将会根据 v_{osm_v} 项的输入值自动选择最适当的电压量程。
- (4) 输出源表电流量程 v_{osm_irng} (恒压方式)
 - a) $\pm 1A$ ， $\pm 100mA$ ， $\pm 10mA$ ， $\pm 1mA$ ， $\pm 100\mu A$ 和 Auto 共 6 档可选。(通用的测试程序未开放 $\pm 10A$ 档，可单独开发，以开放此档位)
 - b) 电流量程的选择要考虑 DUT 输出端加电压后 (包括零电压) 的实际电流大小。
- (5) 输出源表电流箝位上限 v_{osm_clamp1} (恒压方式)
 - a) 输入范围应在输出源表电流量程 v_{osm_irng} 所选择的量程范围内。
 - b) 选择适当的范围使 DUT 能够输出规定的电流同时保证 DUT 的安全。
- (6) 输出源表电流箝位下限 v_{osm_clamp2} (恒压方式)
 - a) 输入范围应在输出源表电流量程 v_{osm_irng} 所选择的量程范围内
 - b) 选择适当的范围使 DUT 能够输出规定的电流同时保证 DUT 的安全。

(7) 输出源表电流 vosm_i (恒流方式)

- a) vosm_i 输入范围 $0\sim\pm 1\text{A}$ 。(通用的测试程序未开放 $\pm 10\text{A}$ 档, 可单独开发, 使 vosm_i 的输入范围达到 $0\sim\pm 10\text{A}$)
- b) vosm_i 应在输出源表电流量程 vosm_irng 所选择的范围内。
- c) vosm_i 的极性决定了电流的方向, 正电流流入 DUT, 负电流流出 DUT。

(8) 输出源表电流量程 vosm_irng (恒流方式)

- a) $\pm 1\text{A}$, $\pm 100\text{mA}$, $\pm 10\text{mA}$, $\pm 1\text{mA}$, $\pm 100\mu\text{A}$ 和 Auto 共 6 档可选。
- b) 所选择的量程应保证覆盖 vosm_i 项的输入值。
- c) 选择 Auto 量程系统将会根据 vosm_i 项的输入值自动选择最适当的电流量程。

(9) 输出源表电压量程 vosm_vrng (恒流方式)

- a) $\pm 50\text{V}$, $\pm 20\text{V}$, $\pm 10\text{V}$, $\pm 5\text{V}$, $\pm 2\text{V}$, $\pm 1\text{V}$ 和 Auto 共 7 档可选。
- b) 电压量程的选择要考虑 DUT 实际输出电压的测量范围。

(10) 输出源表电压箝位上限 vosm_clamp1 (恒流方式)

- a) 输入范围应在输出源表电压量程 vosm_vrng 所选择的量程范围内。
- b) 选择适当的范围使 DUT 能够输出规定的电压同时保证 DUT 的安全。

(11) 输出源表电压箝位下限 vosm_clamp2 (恒流方式)

- a) 输入范围应在输出源表电压量程 vosm_vrng 所选择的量程范围内。
- b) 选择适当的范围使 DUT 能够输出规定的电压同时保证 DUT 的安全。

7. 环路增益 g_loop

DUT 不论工作在辅助运放闭环还是自身闭环方式下, 其环路增益 g_loop 均由反馈电阻 R_F 和输入电阻 R_I 的比例确定, 其关系为: $\text{g_loop} = R_F / R_I$ 。其中反馈电阻 R_F 的阻值可以程序控制, 从而得到不同的环路增益。

- a) 分为 $\times 10000$ 、 $\times 1000$ 、 $\times 100$ 三档可选。
- b) 环路增益 g_loop 的选择应能保证相关参数测试时, $\text{VOS} \times \text{g_loop}$ 的电压值不超过辅助运放输出高电压的能力, 辅助运放输出高电压的能力至少为 $\pm 12\text{V}$ 。所以 $\text{VOS} \times \text{g_loop}$ 的电压值不超过 $\pm 12\text{V}$, 但应尽量大。
- c) 对于不同性能的运放, 选择不同的环路增益可得到更加稳定的环路状态和测量结果。

8. 辅助运放调节 opl_adjust

图 1-1 中辅助运放 (AMP) 上的 C_2 为环路积分电容, 改变 C_2 的容量就可以改变环路的

积分时间，进而可以调整环路的稳定性。

- a) 辅助运放调节 `opl_adjust` 分为 0.1uF、0.01uF、1000pF、100k 共四档可选。其中电容的容值越大，则相应的积分时间就越长，通常情况下选择默认的 1000pF 即可。100k 档位作为预留，并无实际作用，在编程时不要选择此档位。
- b) 当 DUT 在测试中发现有自激振荡的情况，通过选择不同的辅助运放调节电容 `opl_adjust`，是抑制自激振荡的有效方法之一。

9. 输入偏置电流采样电阻 `rb`

输入偏置电流采样电阻 `rb` 用于分别采集 DUT 同相输入端和反相输入端的输入偏置电流 I_{B+} 和 I_{B-} ，并由此计算出输入平均偏置电流 I_B 和输入失调电流 I_{os} 。

- a) 分为 20K、200K、2M 和 0.01uF 四档可选。（对于 0.01uF 档的使用，在编程部分会进行详细说明）
- b) $I_B (I_{B+}、I_{B-}) \times r_b \times g_{loop}$ 应在 $\pm 12V$ 电压范围内。
- c) 针对特定的 DUT，不同的 `rb` 和 `g_loop` 组合会影响环路的稳定性。在满足测试要求的前提下，通常采取如下优先选择次序的原则：环路增益越大越好，偏置电阻越小越好。

10. 边沿发生器（Edge Generator）

边沿发生器用于产生陡峭的电压边沿，其起始电平 `offset` 和电平跳变幅度 `vin` 由 FOVI0 和 FOVI1 进行设置。利用所生成的陡峭沿来驱动运放的输入端，并在 DUT 的输出端利用时间测量单元 QTMU 完成压摆率参数 `sr` 的测试。测试波形示意图如图 1-1 所示：

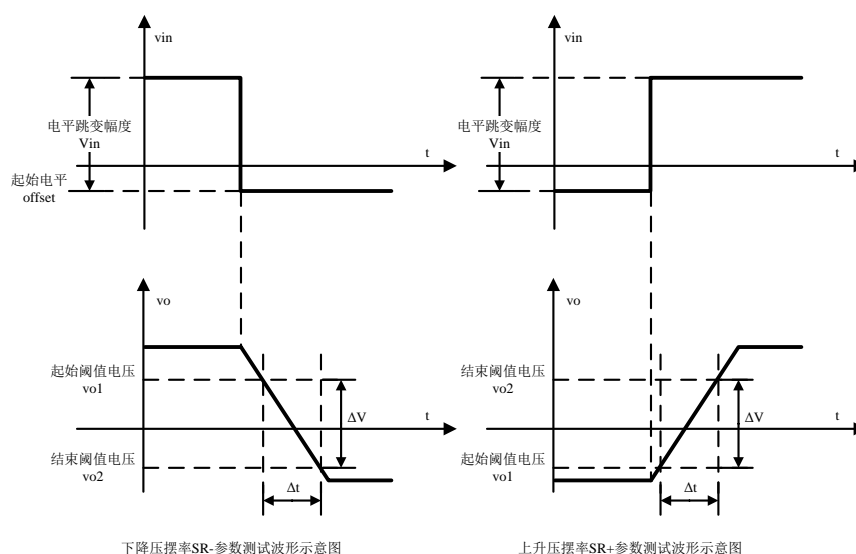


图 1-1

边沿发生器的可编程项如下：

- (1) 边沿起始电平 offset
 - a) 输入范围为 $\pm 10\text{V}$ 。
 - b) 测试该参数时环路接成 DUT 自身闭环方式，环路增益 g_{loop} 通常设为 $\times 100$ 。该状态时采用 $\pm 1\text{V}$ 的跳变沿通常就可以满足 sr 参数的测试要求。
- (2) 电平跳变幅度 vin
 - a) 输入范围为 $0\sim 15\text{V}$ 。
 - b) 测试该参数时环路接成 DUT 自身闭环方式，环路增益 g_{loop} 通常设为 $\times 100$ 。该状态时采用 $\pm 1\text{V}$ 的跳变沿通常就可以满足 sr 参数的测试要求。

11. 时间测量单元 QTMU

时间测量单元 QTMU 配合边沿发生器，完成输出起始阈值电压 vo1 和结束阈值电压 vo2 的设置，并测试时间 Δt ，进而完成运放压摆率参数的测试。

时间测量单元 QTMU 的可编程项如下：

- (1) 起始阈值电压 vo1
 - a) 输入范围为 $\pm 25\text{V}$ ，同时不能超过 vdd 和 vss 的范围。
 - b) 应选择 DUT 输出曲线的线性区， $\pm 15\text{V}$ 供电的 DUT 建议取值在 $\pm 10\text{V}$ 范围内。
 - c) $\text{Vo1} < \text{Vo2}$ 时，用于检测 DUT 输出上升沿压摆率参数（此时 vin1 为负值，vin2 为正值）。
 - d) $\text{Vo1} > \text{Vo2}$ 时，用于检测 DUT 输出下跳沿压摆率参数（此时 vin1 为正值，vin2 为负值）。
- (2) 结束阈值电压 vo2
 - a) 输入范围为 $\pm 25\text{V}$ ，同时不能超过 vdd 和 vss 的范围。
 - b) 应选择 DUT 输出曲线的线性区， $\pm 15\text{V}$ 供电的 DUT 建议取值在 $\pm 10\text{V}$ 范围内。
 - c) $\text{Vo1} < \text{Vo2}$ 时，用于检测 DUT 输出上升沿压摆率参数（此时 vin1 为负值，vin2 为正值）。
 - d) $\text{Vo1} > \text{Vo2}$ 时，用于检测 DUT 输出下跳沿压摆率参数（此时 vin1 为正值，vin2 为负值）。

12. 交流源表 acsm

交流源 ACS 和交流表 ACM 完成运放的增益带宽积 bw 参数测试。测试该参数时环路接成 DUT 自身闭环方式。

交流源 ACS 和交流表 ACM 的可编程项如下：

- (1) 交流输入电压 v_{in}
 - a) 交流输入电压 v_{in} 的输入范围为 0~+20V（峰峰值）。
 - b) 交流衰减器（Attenuator）的倍率与环路增益 g_{loop} 连动（如当 g_{loop} 为 $\times 100$ 时，交流衰减器倍率为 1: 100），可以确保 DUT 的交流输出电压不会超过交流输入电压 v_{in} 。因此在可能的情况下（视 DUT 的电源范围和输出线性区的大小）可以尽量输入较大的交流输入电压 v_{in} 。
- (2) 交流输入频率 f_{in}
 - a) 交流输入频率 f_{in} 的输入范围为 0.05K - 100K Hz。
 - b) 交流输入频率 f_{in} 应使 DUT 在特定的环路增益 g_{loop} （例如 $\times 1000$ ）下其增益带宽曲线进入每倍频程 -6dB 的直线衰减段。
- (3) ACSM 采样次数 Sample_No
 - a) 采样次数的输入范围为 10 – 60000。尽量选取采样信号的整数倍，并采样 10 个周期以上。
 - b) 当输入频率 f_{in} 低于 50KHz 时 ACSM 采用 16Bit ADC 采样频率为 200KHz。
 - c) 当输入频率 f_{in} 高于 50KHz 时 ACSM 采用 12Bit ADC 的采样频率为 10MHz。

13. 共模输入电压源 v_{cm}

共模输入电压源 v_{cm} （FOVI0）用于共模输入法测试运放的共模抑制比（通常采用的变电源法无需使用 v_{cm} ）， v_{cm} 可通过相应继电器将共模电压同时施加到运放的两个输入端。共模输入电压源固定采用恒压（FV）模式。

共模输入电压源 v_{cm} 的主要编程项如下：

- (1) 共模电压 v_{cm}
 - a) v_{cm} 输入范围 0~ $\pm 40V$ ，且不应超过器件电源 v_{dd} 和 v_{ss} 的范围。
 - b) v_{cm} 不应超过所选择电压量程 v_{cm_vrng} 的范围。
 - c) v_{cm} 通常不应超过 DUT 详细规范规定的最大范围。
- (2) 共模电压源电压量程 v_{cm_vrng}
 - a) $\pm 50V$ ， $\pm 20V$ ， $\pm 10V$ ， $\pm 5V$ ， $\pm 2V$ ， $\pm 1V$ 和 Auto 共 7 档可选。
 - b) 所选择电压量程应保证覆盖 v_{cm} 的输入值。
 - c) 选择 Auto 量程系统将会根据 v_{cm} 项的输入值自动选择最适当的电压量程。

(3) 共模电压源电流量程 `vcm_irng`

- a) $\pm 1\text{A}$, $\pm 100\text{mA}$, $\pm 10\text{mA}$, $\pm 1\text{mA}$, $\pm 100\mu\text{A}$, $\pm 10\mu\text{A}$ 共 6 档可选。
- b) 电流量程的选择要考虑多单元同时测试时有可能产生的电流。
- c) 正常参数测试时, 小功率通用运放推荐使用 $\pm 1\text{mA}$ 电流量程。

(4) 共模电压源上限电流箝位 `vcm_clamp1`

- a) 输入范围应在共模电压源电流量程 `vcm_irng` 所选择的量程范围内。
- b) 电流量程的选择要考虑多单元同时测试时有可能产生的电流。

(5) 共模电压源下限电流箝位 `vcm_clamp2`

- a) 输入范围应在共模电压源电流量程 `vcm_irng` 所选择的量程范围内。
- b) 电流量程的选择要考虑多单元同时测试时有可能产生的电流。