

A1 宽带直流程控放大器

A1 题宽带直流程控放大器测试记录与评分表

(期末考前已现场验收作品并上交评分表纸质版)

班级通信 6A 学号 20172333090 姓名何尔恒

类型	序号	测试项目	测试条件	满分	测试记录	评分
基 础 要 求	(1)	增 益 与 频 率 响 应	设定增益 40 dB $f_i=0\text{Hz}$, $U_i=20\text{ mV}$	6	$U_o=640\text{V}$, $A_v=30\text{dB}$	
			设定增益 40 dB $f_i=1\text{kHz}$, $U_{ipp}=20\text{ mV}$	6	$U_{opp}=2\text{V}$ 失真: 是 否 $A_v=40\text{dB}$	
			设定增益 40 dB $f_i=1\text{MHz}$, $U_{ipp}=20\text{ mV}$	6	$U_{opp}=2\text{V}$ 失真: 是 否 $A_v=40\text{dB}$	
			设定增益 40 dB $f_i=8\text{MHz}$, $U_{ipp}=20\text{ mV}$	6	$U_{opp}=1.42\text{V}$ 失真: 是 否 $A_v=37.03\text{dB}$	
			设定增益 40 dB $f_i=10\text{MHz}$, $U_{ipp}=20\text{ mV}$	6	$U_{opp}=0.2\text{V}$ 失真: 是 否 $A_v=20\text{dB}$	
	(2)	设 置 功 能	增益范围 0~40dB	8	是 否	模式三: 步进 递减 (15~30dB) 模式一: 步进 递减 (16~6dB) 步 进递增 (20~31dB)
			步进小于等于 1dB	8	是 否	都可达到
			增益是否可预置和显示	8	是 否	
			增益控制误差不大于 2dB	8	是 否	
	(4)	参 数	学号显示	8	是 否	
			印刷板标记学号	10	是 否	手工焊接

		显示				
		小计		80		
发挥 要求	(1)	增益	设定增益 60 dB fi=1KHz, Uipp=10 mV	5	Uopp= V 失真: 是 否 A v = dB	
			设定增益 60 dB fi=10MHz, Uipp=10 mV	5	Uopp= V 失真: 是 否 A v = dB	
	(2)	输出 幅度	输出电压 Vomax≥4V?	10	输出电压Uopp= V	
		小计		20		
	总分			100		

备注:

芯片最大输出电压 680mV, 若通过调整 VG 使输出电压继续增大则产生失真。。

模式一接地: 输出稳定, 15~20dB。

模式一步进递增: 可实现增益程控放大。最大增益可致 32dB, 但失真严重。

模式一步进递减: 可实现增益程控减小, 可实现控制 AD603 增益为 0。

模式三步进递减: 起点 0 为最大增益工作模式, 可通过调整 VG 使 AD603 增益程控减小。

目录

- 一、 系统方案 4
 - (二) 前级放大 4
 - (二) 增益放大 4
 - 1. 选择放大器 4
 - 2. 设计 AD603 的增益, 可设置位三种形式。 6
 - 3. 后级功率放大 7
- 二、 理论分析与计算 7
 - (一) 前级放大 7
 - (二) 增益放大 7
 - (三) 后级放大 9
- 三、 电路与程序设计 10
 - (一) 前级放大 10
 - (二) 增益放大 10
 - (三) 后级功率放大 11
 - (四) 程控步进部分 11
- 四、 测试方案与测试结果 12
 - (一) 测试方案 12
 - 1. 测试仪器: 12
 - 2. 测试方法 12
 - (二) 测试结果 12
 - 1. 模式一: 宽频带模式(90MHz 宽频带), AD603 的增益设置为-11.07dB~+31.07dB, 增益步进递增, 818 为前级稳定放大输出。 12
 - 2. 模式一: 宽频带模式(90MHz 宽频带), AD603 的增益设置为-1.07dB~+31.07dB, 增益步进递减, 818 为前级稳定放大输出。 15
 - 3. 模式三: 高增益模式, 其增益范围为+8.92~+51.07dB, 带宽为 9MHz。增益步进递增, 818 为前级稳定放大输出。 17
 - 4. 模式三: 高增益模式, 其增益范围为+8.92~+51.07dB, 带宽为 9MHz。增益步进递减, 818 为前级稳定放大输出。 18

技术报告

一、系统方案

（二）前级放大

（提高阻抗，对小信号进行放大）

方案一：采用宽带高精度集成运放。前级放大对整个放大电路来说十分重要，是电路的基本保障，故本设计中采用视频放大器 AD818 构成前级放大。该运放带宽为 100M 赫兹，接成反相放大器可以抑制共模信号降低噪声，其电路形式简单，易于调试，能满足题目的输入阻抗的要求。

方案二：使用普通运放。虽然普通运放价格稍低，但是带宽和精度都十分有限，理论上虽然能用反馈方式拓宽通频带，但是题目中 10M 赫兹的频带还是太宽，所以普通低价运放很难到达要求。

比较上述两种方案，方案一更加容易达到题目要求，故选择方案一。

（二）增益放大

1. 选择放大器

方案一：放大电路可由分立器件搭建而成。输出端采用三极管射极包络检波产生反馈电压调节前级电路实现自动增益的调节。本方案由于采用分立元件较多，而且必须采用高速 BJT 或 FET，电路较为复杂，设计难度大，工作点难于调整，增益的定量调节、AGC 自动增益控制和高带宽均非常困难，而且电路稳定性差，容易产生自激现象，不可控因素较多，调试难度大，故不予考虑。

方案二：为了易于实现发挥部分中要求的最大 60dB 的增益调节，本着优质低价的原则，可以采用较为廉价的 D/A 芯片 DAC0832，利用 DAC0832 当中的电阻 T 型网络改变反馈电压，进而控制环路增益。同时考虑到 DAC0832 是一种廉价的 8 位 D/A 转换芯片，其输出 $V_{out}=D_n \times V_{ref}/256$ ，其中 D_n 为 8 位数字量输入的二进制值，可满足 256 挡增益调节，满足题目的精度要求。它由 CMOS 电流开关和梯形电阻网络构成，具有结构简单、精确度高、体积小、控制方便、外围布线简化等特点，故可以采用 DAC0832 来实现信号的程控衰减。但由于控制的数字量和最后的增益不成线性关系而是成指数关系，造成增益调节不均匀，精度降低，故放弃此方案。

方案三：由于题目要求放大电路的增益可控，以此可以考虑直接选取增益可调的运放实现，如 AD603。其内部由 R-2R 梯形电阻网络和固定增益放大器构成，加在其梯型网络输入端的信号经衰减后，由固定增益放大器输出，衰减量是由加在增益控制接口的参考电压决定；而这个参考电压可通过嵌入式系统进行运算并控制 D/A 芯片输出控制电压得来，从而实现较精确的数控。此外根据芯片手册，AD603 在模式二工作条件下能够提供由直流到 30MHz 的工作带宽以及 0-40db 的增益，单级实际工作时可提供超过 20dB 的增益，通过后级放大器放大输出，在高频时也可提供超过 40dB 的增益。这种方法的优点是电路集成度高、总体电路较为简单，根据芯片手册即可迅速搭建高性能的实际电路，便于使用嵌入式系统进行处理，故此方案可行性较高。

综上所述，选用方案三。利用可变增益宽带放大器 AD603 来提高增益，AGC 稳定性高，增益可控范围大，加入后级负反馈互补输出电路，完成增益带宽积的提高与功率提升。因为 AD603 是一款低噪声、精密控制的可变增益放大器，温度稳定性高，最大增益误差为 0.5db，满足题目要求的精度，其增益 (db) 与控制电压 (V) 成线性关系，因此可以很方便的使用 D/A 输出电压控制放大器的增益

2. 设计 AD603 的增益，可设置位三种形式。

模式一：将 VOUT 与 FDBK 短路，即为宽频带模式 (90MHz 宽频带)，AD603 的增益设置为 $-11.07\text{dB} \sim +31.07\text{dB}$ 。

模式二：VOUT 与 FDBK 之间外接一个电阻 REXT，FDBK 与 COMN 端之间接一个 5.6uF 的电容频率补偿。根据放大器的增益关系式，选取合适的 REXT，可获得所需要的模式一与模式三之间的增益值。当 $R_{EXT}=2.15$ 千欧时，增益范围为 $-1 \sim +41\text{dB}$ 。

模式三：VOUT 与 FDBK 之间开路，FDBK 对 COMN 连接一个 18uF 的电容用于扩展频率响应，该模式为高增益模式，其增益范围为 $+8.92 \sim +51.07\text{dB}$ ，带宽为 9MHz。

在以上三种模式中，当 VG 在 $-500\text{mV} \sim +500\text{mV}$ 范围内以 40dB/V (既 25mV/dB) 进行线性增益控制，增益 G(dB) 与控制电压 VG 之间的关系为： $G(\text{dB}) = 40VG + G_{oi} \ (i=1,2,3)$ ，其中 $VG = VG_{POS} - VG_{NEG}$ (单位为伏特)， G_{oi} 分别为三种不同模式的增益常量： $G_{01}=10\text{dB}$,

$G_{02}=10\sim 30\text{dB}$ （由 R_{EXT} 决定，当 $R_{EXT}=2.15$ 千欧时， $G_{02}=20\text{dB}$ ），
 $G_{03}=30\text{dB}$ 。

选用模式三。 $G(\text{dB})=40V_G+30\text{dB}$ ，选 $V_G=0$ ，即 $G=30\text{dB}$ 。

3. 后级功率放大

方案一：采用 THS3001，可达到增益要求，但其增益不可调

方案二：采用 THS3091，THS3091 是一种高电压、低失真、低噪声的放大器，宽带为 210MHz ，其性能好，精度高，能实现很好的放大。

综上，选择方案二。

二、理论分析与计算

（一）前级放大

由于 AD603 的输入阻抗为 100Ω ，满足题目要求。前级信号比较小，容易受噪声干扰，综合考虑。我们前级放大使用 AD818，带宽为 100MHz ，接成反相放大形式。为了满足题目要求输入阻抗大于 50Ω 欧姆，选取 $R_I = 2k, R_f = 7k$ ，则放大倍数 $A = -\frac{R_f}{R_I} = -\frac{7}{2} = -3.5$

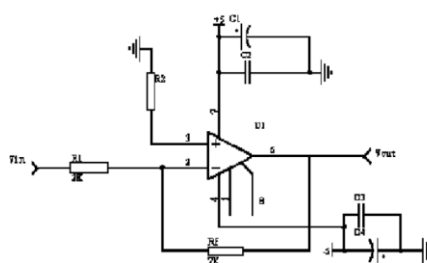
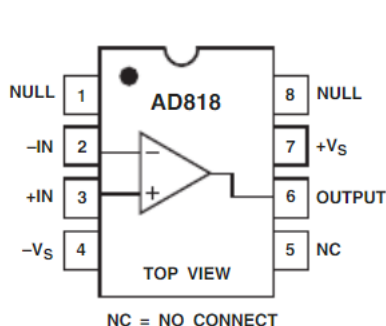


图 2-2-1 前级放大器

（二）增益放大

题目要求最大电压增益 $AV \geq 40\text{dB}$ ，输入电压有效值 $V_i \leq 20\text{mV}$ 。即最大输出电压有效值为 2V ，最大输出电压峰值为 2.8V 。AD603 最大输出电压有效值为 1.2V ，最大输出电压峰值为 1.68V 。AD603 输出电压过大时输出失真，所以定最大输出电压峰值为 1.4V ，所以后级需放大 $2.8/1.4=2$ 倍 $=6\text{dB}$ 。

AD603 输入电压峰值为 0.7V ，所以前级放大不宜过大，以免输入大信号时会烧坏芯片。考虑到 AD603 输入电压范围，所以我们让前级放大 3.5 倍 $=11\text{dB}$ 。

增益的调整与其自身电压值无关，而仅与其差值 V_G 有关，由于控制电压 $G_{\text{POS}}/G_{\text{NEG}}$ 端的输入电阻高达 $50\text{M}\Omega$ ，因而输入电流很小，致使片内控制电路对提供增益控制电压的外电路影响减小。

当 V_{OUT} 和 FDBK 两管脚的连接不同时，其放大器的增益范围也不一样。当脚 5 和脚 7 短接时，AD603 的增益为 $40V_G+10$ ，这时的增益范围在 $-10\sim 30\text{dB}$ 。当脚 5 和脚 7 断开时，其增益为 $40V_G+30$ ，这时的增益范围为 $10\sim 50\text{dB}$ 。

选用模式三。 $G(\text{dB}) = 40V_G + 30\text{dB}$ 。当 1 脚和 2 脚都接地时， $V_G=0$ ，即 $G=30\text{dB}$ 。

选用模式一。 $G(\text{dB}) = 40V_G + 10\text{dB}$ 。当 1 脚和 2 脚都接地时， $V_G=0$ ，即 $G=10\text{dB}$ 。

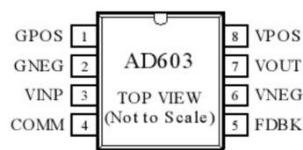


图1 AD603引脚排列图

脚号	代号	功能描述
1	GPOS	增益控制输入“高”电压端(正电压控制)
2	GNEG	增益控制输入“低”电压端(负电压控制)
3	VINP	运放输入
4	COMM	运放公共端
5	FDBK	反馈端
6	VNEG	负电源输入
7	VOUT	运放输出
8	VPOS	正电源输入

表1: AD603引脚功能

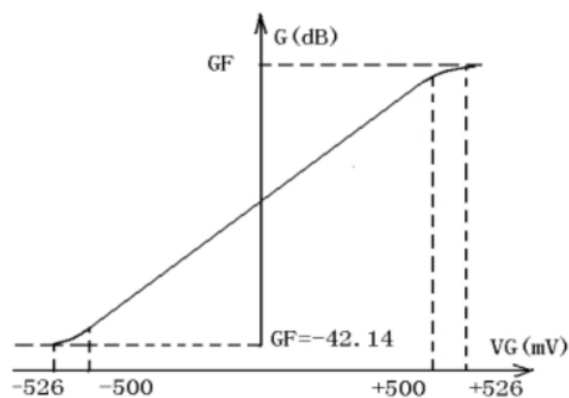
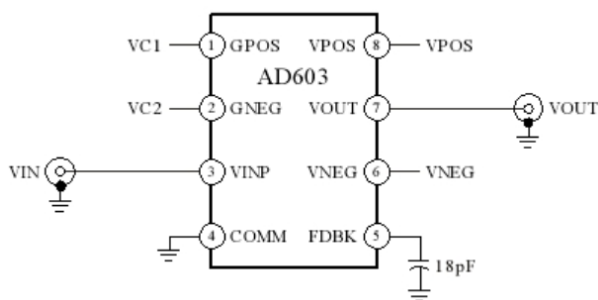
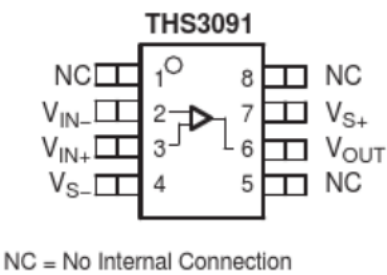


图6 增益GF与控制电压VG的关系

(三) 后级放大

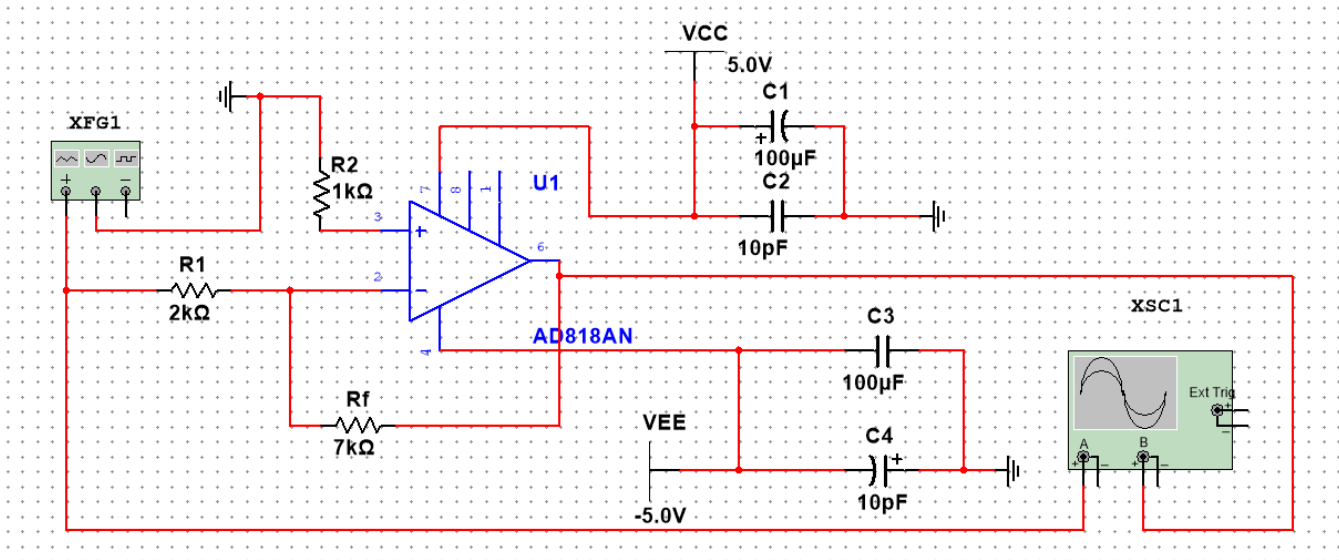
末级采用高电压、低失真的电流反馈运算放大器 THS3091 来增大驱动负载的能力。THS3091 为功率放大芯片，输出电流为 250mA，其

增益带宽积为 420MHz，本系统设计放大 2 倍，用正负 12 伏的电压做提供的电源，来满足输出的最大不失真峰峰值可达到 10V。

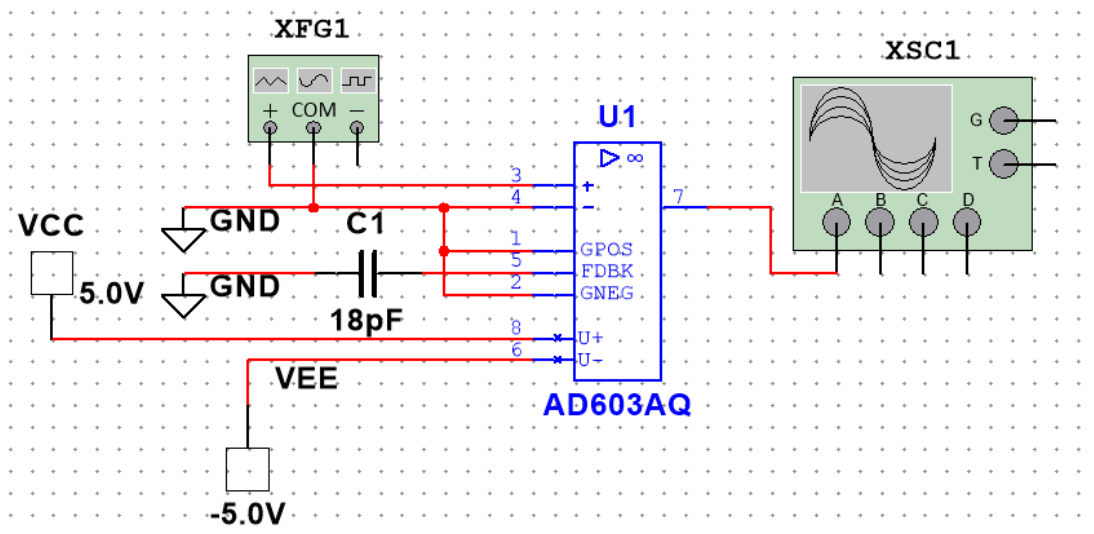


三、电路与程序设计

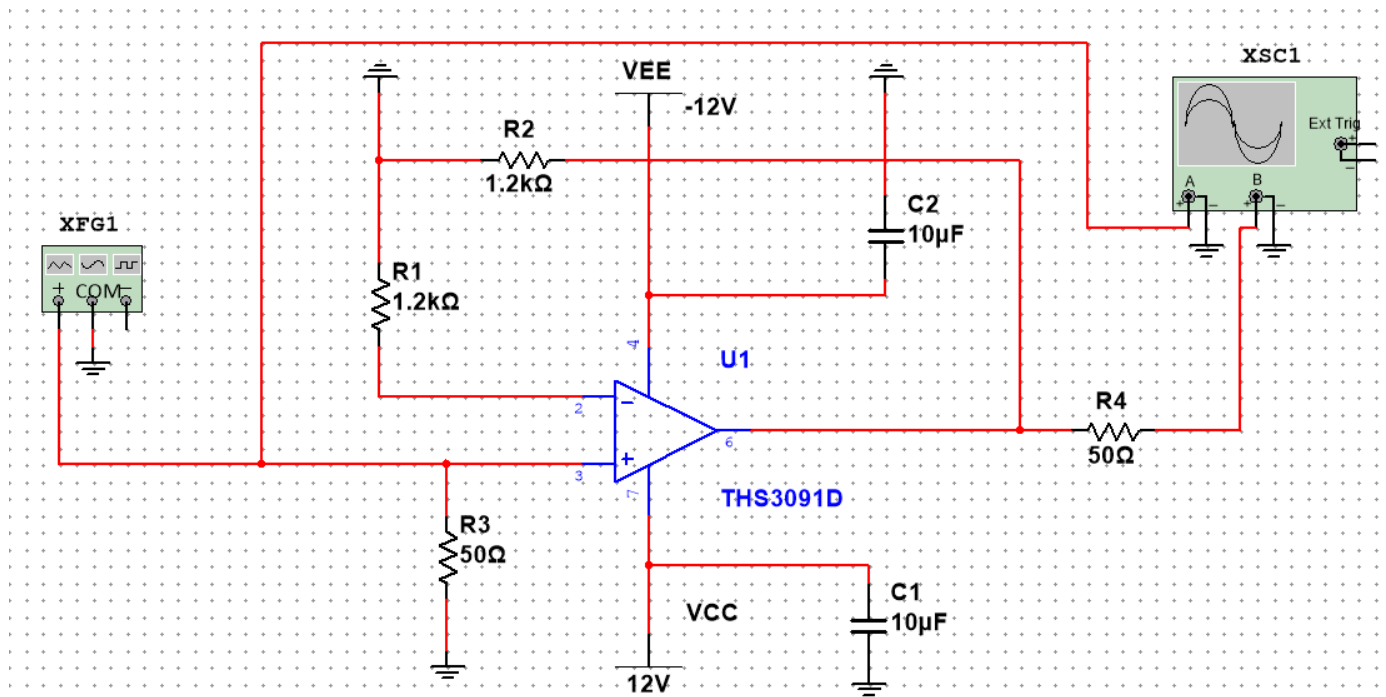
（一）前级放大



（二）增益放大



(三) 后级功率放大



R4 为负载 50Ω 电阻。

(四) 程控步进部分

增益控制的基本思路是由 STM32 进行数字程控，经 D/A 转换产生控制输出电压，加到 AD603 的 1 脚来控制。使用 STM32f1Mini 开发板作为 D/A 转换器，由它输出控制电压给 AD603 的控制端 GPOS，

通过公式 $G\text{ (dB)}=40V_{G+}-G_{oi}$ (其中 $V_G=V_{GPOS}-V_{GNEG}$)，精确控制 AD603 的增益，达到增益控制的目的。STM32 启动后进入增益控制界面，通过按键调节增益，步进 1dB。

四、测试方案与测试结果

(一) 测试方案

1. 测试仪器：

信号发生器、示波器

2. 测试方法

接上负载电阻 50Ω，通过信号发生器在输入端产生不同频率的正弦信号，在输出端测输出电压，计算放大倍数。

(二) 测试结果

已提交《A1题宽带直流程控放大器测试记录与评分表》

1. 模式一：宽频带模式（90MHz宽频带），AD603的增益设置为-11.07dB~+31.07dB，增益步进递增，818为前级稳定放大输出。

	f=1M		f=5M		f=8M	
818	80mV		60mV		50mV	
LEV EL	OUT					
0	280mV	22.92 dB	208mV	20.34 dB	144mV	17.15 dB
1	280mV	22.92 dB	208mV	20.34 dB	148mV	17.38 dB
2	312mV	23.86 dB	216mV	20.67 dB	152mV	17.62 dB

3	336mV	24.51 dB	216mV	20.67 dB	154mV	17.73 dB
4	336mV	24.51 dB	224mV	20.98 dB	162mV	18.17 dB
5	352mV	24.91 dB	256mV	22.14 dB	168mV	18.49 dB
6	408mV	26.19 dB	312mV (开始 失真)	#VAL UE!	228mV (开始 失真)	#VAL UE!
7	472mV	27.46 dB	368mV	25.3d B	272mV	22.67 dB
8	520mV	28.3d B	400mV	26.02 dB	292mV	23.29 dB
9	552mV	28.82 dB	440mV	26.85 dB	312mV	23.86 dB
10	592mV	29.43 dB	472mV	27.46 dB	336mV	24.51 dB
11	640mV	30.1d B	480mV	27.6d B	344mV	24.71 dB
12	800mV (开始 失真)	#VAL UE!	616 (失真严 重)	#VAL UE!	424mV (失真 严重)	#VAL UE!
13	928mV	33.33 dB				
14	984mV	33.84 dB				
15	728mV	31.22 dB				
16	712mV	31.03 dB				
17	712mV	31.03 dB				
18	720mV	31.13 dB				
19	704mV	30.93 dB				
20	712mV	31.03 dB				
21	736mV	31.32 dB				
22	744mV	31.41 dB				
23	768mV	31.69 dB				
24	760mV	31.6d B				

25	776mV	31.78 dB
26	760mV	31.6d B
27	760mV	31.6d B
28	768mV	31.69 dB
29	768mV	31.69 dB
30	768mV	31.69 dB

2. 模式一：宽频带模式（90MHz宽频带），AD603的增益设置为-1.07dB~+31.07dB，增益步进递减，818为前级稳定放大输出。

	f=1M		f=5M		f=8M	
818	76mV		62mV		53.6mV	
LEV EL	OUT					
0	148mV	17.38 dB	124mV	15.85 dB	96.8mV	13.7d B
1	148mV	17.38 dB	124mV	15.85 dB	96.8mV	13.7d B
2	144mV	17.15 dB	124mV	15.85 dB	96.8mV	13.7d B
3	144mV	17.15 dB	124mV	15.85 dB	92.8mV	13.33 dB
4	128mV	16.12 dB	112mV	14.96 dB	85.6mV	12.63 dB
5	116mV	15.27 dB	100mV	13.98 dB	78.4mV	11.87 dB
6	104mV	14.32 dB	92mV	13.26 dB	71.2mV	11.03 dB
7	90mV	13.06 dB	88mV	12.87 dB	67.2mV	10.53 dB
8	78mV	11.82 dB	74mV	11.36 dB	63.2mV	9.99d B
9	71.2mV	11.03 dB	68mV	10.63 dB	56mV	8.94d B
10	64mV	10.1d B	62mV	9.83d B	50.4mV	8.03d B
11	57.6mV	9.19d B	56mV	8.94d B	47.2mV	7.46d B
12	73.6mV（开始失真）	#VAL UE!	66mV（开始失真）	#VAL UE!	60mV（开始失真）	#VAL UE!
13	98mV（失真严重）	#VAL UE!	96mV（包络）	#VAL UE!	失真严重	#VAL UE!
14	闪动包络	#VAL UE!	104mV	14.32 dB		
15			110mV	14.81 dB		

16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30

114mV	15.12 dB
114mV	15.12 dB
118mV	15.42 dB
120mV	15.56 dB
120mV	15.56 dB
118mV	15.42 dB
116mV	15.27 dB
118mV	15.42 dB
116mV	15.27 dB
114mV	15.12 dB
118mV	15.42 dB
114mV	15.12 dB
114mV	15.12 dB
114mV	15.12 dB
114mV	15.12 dB

3. 模式三：高增益模式，其增益范围为+8.92~+51.07dB，
 带宽为 9MHz。增益步进递增，818 为前级稳定放大输出。

	f=1M		f=5M		f=8M	
818	656mV		660mV		660mV	
LEVEL	OUT					
0	1.92V	39.65dB	1.46V	37.27dB	1.40V	36.9dB
1	1.92V	39.65dB	1.46V	37.27dB	1.40V	36.9dB
2	2.00V	40dB	1.52V	37.62dB	1.40V	36.9dB
3	2.02V	40.09dB	1.54V	37.73dB	1.42V	37.03dB
4	2.14V	40.59dB	1.54V	37.73dB	1.44V	37.15dB
5	2.28V	41.14dB	1.52V	37.62dB	1.46V	37.27dB
6	2.44V	41.73dB	1.46V	37.27dB	1.42V	37.03dB
7	2.56V	42.14dB	1.44V	37.15dB	1.38V	36.78dB
8	2.68V	42.54dB	1.36V	36.65dB	1.32V	36.39dB
9	2.72V	42.67dB	1.32V	36.39dB	1.26V	35.99dB
10	2.76V	42.8dB	1.26V	35.99dB	1.24V	35.85dB
11	2.72V	42.67dB	1.22V	35.71dB	1.18V	35.42dB
12	2.68V	42.54dB	1.20V	35.56dB	1.14V	35.12dB
13	2.56V（开始失真）	#VALUE!	1.20V	35.56dB	1.14V	35.12dB
14	2.44V	41.73dB	1.20V	35.56dB	1.14V	35.12dB
15	2.32V	41.29dB	1.18V	35.42dB	1.10V	34.81dB
16	2.20V	40.83dB	1.16V	35.27dB	1.10V	34.81dB
17	2.08V	40.34dB	1.16V	35.27dB	1.10V	34.81dB
18	失真严重	#VALUE!	1.12V	34.96dB	1.08V	34.65dB
19			1.12V	34.96dB	1.06V	34.49dB
20			1.10V	34.81dB	1.06V	34.49dB
21			1.08V	34.65dB	1.04V	34.32dB
22			1.10V	34.81dB	1.04V	34.32dB
23			1.08V	34.65dB	1.04V	34.32dB
24			1.08V	34.65dB	1.04V	34.32dB
25			1.08V	34.65dB	1.04V	34.32dB
26			1.08V	34.65dB	1.04V	34.32dB
27			1.08V	34.65dB	1.04V	34.32dB
28			1.08V	34.65dB	1.04V	34.32dB
29			1.08V	34.65dB	1.04V	34.32dB
30			1.08V	34.65dB	1.04V	34.32dB

4. 模式三：高增益模式，其增益范围为+8.92~+51.07dB，
带宽为 9MHz。增益步进递减，818 为前级稳定放大输出。

	f=1M		f=5M		f=8M	
818	66mV		51mV		48mV	
LEVEL	OUT					
0	1.08V	34.65dB	312mV	23.86dB	208mV	20.34dB
1	1.08V	34.65dB	312mV	23.86dB	208mV	20.34dB
2	1.06V	34.49dB	312mV	23.86dB	208mV	20.34dB
3	1.06V	34.49dB	312mV	23.86dB	208mV	20.34dB
4	980mV	33.8dB	304mV	23.64dB	200mV	20dB
5	856mV	32.63dB	288mV	23.17dB	200mV	20dB
6	784mV	31.87dB	272mV	22.67dB	184mV	19.28dB
7	712mV	31.03dB	268mV	22.54dB	176mV	18.89dB
8	656mV	30.32dB	256mV	22.14dB	164mV	18.28dB
9	600mV	29.54dB	248mV	21.87dB	160mV	18.06dB
10	568mV	29.07dB	228mV	21.14dB	156mV	17.84dB
11	520mV	28.3dB	212mV	20.51dB	144mV	17.15dB
12	448mV	27dB	200mV	20dB	136mV	16.65dB
13	400mV	26.02dB	188mV	19.46dB	124mV	15.85dB
14	368mV	25.3dB	188mV	19.46dB	116mV	15.27dB
15	336mV	24.51dB	168mV	18.49dB	106mV	14.49dB
16	312mV	23.86dB	156mV	17.84dB	102mV	14.15dB
17	288mV	23.17dB	144mV	17.15dB	92mV	13.26dB
18	256mV	22.14dB	134mV	16.52dB	86mV	12.67dB
19	232mV	21.29dB	126mV	15.99dB	80mV	12.04dB
20	216mV	20.67dB	118mV	15.42dB	74mV	11.36dB
21	200mV	20dB	112mV	14.96dB	71mV	11dB
22	188mV	19.46dB	110mV	14.81dB	68mV	10.63dB
23	188mV	19.46dB	108mV	14.65dB	68mV	10.63dB
24	184mV	19.28dB	108mV	14.65dB	68mV	10.63dB
25	184mV	19.28dB	108mV	14.65dB	68mV	10.63dB
26	184mV	19.28dB	108mV	14.65dB	68mV	10.63dB
27	184mV	19.28dB	108mV	14.65dB	68mV	10.63dB
28	184mV	19.28dB	108mV	14.65dB	68mV	10.63dB
29	184mV	19.28dB	108mV	14.65dB	68mV	10.63dB
30	184mV	19.28dB	108mV	14.65dB	68mV	10.63dB

附录：

核心代码部分：

```
POINT_COLOR=BLACK;//设置字体为?
LCD_ShowString(60,50,200,16,16,"20172333090");
LCD_ShowString(60,70,200,16,16,"DAC");
//LCD_ShowString(60,90,200,16,16,"2019/12/16");
LCD_ShowString(60,110,200,16,16,"KEY1:+ KEY0:-");
LCD_ShowString(60,130,200,16,16,"LEVEL:");
//显示提示信息
POINT_COLOR=BLACK;//设置字体为?
LCD_ShowString(60,150,200,16,16,"DAC VAL:");
LCD_ShowString(60,170,200,16,16,"DAC VOL:0.000V");
//LCD_ShowString(60,190,200,16,16,"ADC VOL:0.000V");
DAC_SetChannel1Data(DAC_Align_12b_R, 0);//????0

LCD_ShowString(60,210,200,16,16,"ONE+:      dB");
LCD_ShowString(60,230,200,16,16,"ONE-:      dB");
LCD_ShowString(60,250,200,16,16,"THREE+:     dB");
LCD_ShowString(60,270,200,16,16,"THREE-:     dB");
```

设置LED显示屏的显示参数，使显示数值能随操作更新

```
if(t==10||key==KEY1_PRES||key==KEY0_PRES)    //WKUP/KEY1按下了,或者定时时间到了
{
    LCD_ShowxNum(124,130,G,4,16,0);
    adcx=DAC_GetDataOutputValue(DAC_Channel_1);//??????DAC??
    LCD_ShowxNum(124,150,adcx,4,16,0);        //显示DAC寄存器值
    temp=(float)adcx*(3.3/4096);              //得到DAC电压值
    adcx=temp;
    temp1=temp;
    LCD_ShowxNum(124,170,temp1,1,16,0);        //显示电压值整数部分
    temp-=adcx;
    temp*=1000;
    temp2=temp+1;
    LCD_ShowxNum(140,170,temp2,3,16,0X80);    //显示电压值的小数部分
    adcx=Get_Adc_Average(ADC_Channel_1,10);   //得到ADC转换值
    temp=(float)adcx*(3.3/4096);              //得到ADC电压值
    adcx=temp;
    //LCD_ShowxNum(124,190,temp,1,16,0);        //显示电压值整数部分
    temp-=adcx;
    temp*=1000;
    //LCD_ShowxNum(140,190,temp,3,16,0X80);    //显示电压值的小数部分
    LED0=!LED0;
    t=0;
```

捕获按键的操作，并根据按下键位的不同实施不同的操作

```

G1=G+20;
if (G1>=31){
G1=31;
LCD_ShowString(200,210,200,16,16,"X");
}
if (G1<=30){
LCD_ShowString(200,210,200,16,16," ");
}
LCD_ShowxNum(124,210,G1,4,16,0);

G2=20-G;
if (G2<=10){
G2=10;
LCD_ShowString(200,230,200,16,16,"X");
}
if (G2>=11){
LCD_ShowString(200,230,200,16,16," ");
}
LCD_ShowxNum(124,230,G2,4,16,0);


G3=G+40;
if (G3>=51){
G3=51;
LCD_ShowString(200,250,200,16,16,"X");
}
if (G3<=50){
LCD_ShowString(200,250,200,16,16," ");
}
LCD_ShowxNum(124,250,G3,4,16,0);

G4=40-G;
if (G4<=19){
G4=19;
LCD_ShowString(200,270,200,16,16,"X");
}
if (G4>=20){
LCD_ShowString(200,270,200,16,16," ");
}
LCD_ShowxNum(124,270,G4,4,16,0);

```

计算举例：根据不同的模式计算出理想的增益