

1. 电路基础知识

1.1 Vss, VDD, VEE, Vcc 的区别

说法一：

VCC、VDD、VEE、VSS 是指芯片、分解电路的电源集结点，具体接电源的极性需视器件材料而定。VCC 一般是指直接连接到集成或分解电路内部的三极管 C 极，VEE 是指连接到集成或分解电路内部三极管的 E 极。同样，VDD、VSS 就是指连接到集成内部、分解电路的场效应管的 D 和 S 极。例如是采用 P 沟 E/DMOS 工艺制成的集成，那么它的 VDD 就应接电源的负，而 VSS 应接正电源。

它们是这样得名的：

VCC 表示连接到三极管集电极（C）的电源。

VEE 表示连接到三极管发射极（E）的电源。

VDD 表示连接到场效应管的漏极（D）的电源。

VSS 表示连接到场效应管的源极（S）的电源。

通常 VCC 和 VDD 为电源正，而 VEE 和 VSS 为电源负或者地。

说法二：

VDD,VCC,VSS,VEE,VPP 区别

VDD:电源电压（单极器件）；电源电压（4000 系列数字电路）；漏极电压（场效应管）

VCC: 电源电压（双极器件）；电源电压（74 系列数字电路）；声控载波（Voice Controlled Carrier)

VSS:地或电源负极

VEE: 负电压供电；场效应管的源极（S）

VPP: 编程/擦除电压。

详解：

在电子电路中，VCC 是电路的供电电压，VDD 是芯片的工作电压：

VCC: C=circuit 表示电路的意思，即接入电路的电压，D=device 表示器件的意思，即器件内部的工作电压，在普通的电子电路中，一般 $V_{cc} > V_{dd}$!

VSS: S=series 表示公共连接的意思，也就是负极。

有些 IC 同时有 VCC 和 VDD，这种器件带有电压转换功能。

在“场效应”即 COMS 元件中，VDD 乃 CMOS 的漏极引脚，VSS 乃 CMOS 的源极引脚，这是元件引脚符号，它没有“VCC”的名称，你的问题包含 3 个符号，VCC / VDD /VSS，这显然是电路符号。

1.2 TTL 电平与 CMOS 电平的区别

1, TTL 电平:

输出高电平 $>2.4V$,输出低电平 $<0.4V$ 。在室温下,一般输出高电平是 $3.5V$, 输出低电平是 $0.2V$ 。最小输入高电平和低电平: 输入高电平 $\geq 2.0V$, 输入低电平 $\leq 0.8V$, 噪声容限是 $0.4V$ 。

2, CMOS 电平:

1 逻辑电平电压接近于电源电压, 0 逻辑电平接近于 $0V$ 。而且具有很宽的噪声容限。

3, 电平转换电路:

因为 TTL 和 COMS 的高低电平的值不一样 (ttl $5v \leq \Rightarrow$ cmos $3.3v$), 所以互相连接时需

要电平的转换: 就是用两个电阻对电平分压, 没有什么高深的东西。哈哈

4, OC 门, 即集电极开路门电路, OD 门, 即漏极开路门电路, 必须外界上拉电阻和电源才能

将开关电平作为高低电平用。否则它一般只作为开关大电压和大电流负载, 所以又叫做驱动门电路。

5, TTL 和 COMS 电路比较:

1) TTL 电路是电流控制器件, 而 cmos 电路是电压控制器件。

2) TTL 电路的速度快, 传输延迟时间短($5-10ns$), 但是功耗大。

COMS 电路的速度慢, 传输延迟时间长($25-50ns$), 但功耗低。

COMS 电路本身的功耗与输入信号的脉冲频率有关, 频率越高, 芯片集越热, 这是正常现象。

3) COMS 电路的锁定效应:

COMS 电路由于输入太大的电流, 内部的电流急剧增大, 除非切断电源, 电流一直在增大

。这种效应就是锁定效应。当产生锁定效应时, COMS 的内部电流能达到 $40mA$ 以上, 很容易烧毁芯片。

防御措施:

1) 在输入端和输出端加钳位电路, 使输入和输出不超过不超规定电压。

2) 芯片的电源输入端加去耦电路, 防止 VDD 端出现瞬间的高压。

3) 在 VDD 和外电源之间加线流电阻, 即使有大的电流也不让它进去。

4) 当系统由几个电源分别供电时, 开关要按下列顺序: 开启时, 先开启 COMS 电路得电
源, 再开启输入信号和负载的电源; 关闭时, 先关闭输入信号和负载的电源, 再关闭 COMS
电路的电源。

6, COMS 电路的使用注意事项

1) COMS 电路时电压控制器件，它的输入总抗很大，对干扰信号的捕捉能力很强。所以

，不用的管脚不要悬空，要接上拉电阻或者下拉电阻，给它一个恒定的电平。

2) 输入端接低内组的信号源时，要在输入端和信号源之间要串联限流电阻，使输入的电流限制在 1mA 之内。

3) 当接长信号传输线时，在 COMS 电路端接匹配电阻。

4) 当输入端接大电容时，应该在输入端和电容间接保护电阻。电阻值为 $R=V_0/1mA.V_0$ 是外界电容上的电压。

5) COMS 的输入电流超过 1mA，就有可能烧坏 COMS。

7, TTL 门电路中输入端负载特性（输入端带电阻特殊情况的处理）：

1) 悬空时相当于输入端接高电平。因为这时可以看作是输入端接一个无穷大的电阻。

2) 在门电路输入端串联 10K 电阻后再输入低电平，输入端出呈现的是高电平而不是低电平。因为由 TTL 门电路的输入端负载特性可知，只有在输入端接的串联电阻小于 910 欧时，

它输入来的低电平信号才能被门电路识别出来，串联电阻再大的话输入端就一直呈现高电平。这个一定要注意。COMS 门电路就不用考虑这些了。

8, TTL 电路有集电极开路 OC 门，MOS 管也有和集电极对应的漏极开路的 OD 门，它的输出就叫做开漏输出。

OC 门在截止时有漏电流输出，那就是漏电流，为什么有漏电流呢？那是因为当三极管截止的时候，它的基极电流约等于 0，但是并不是真正的为 0，经过三极管的集电极的电流也就不是真正的 0，而是约 0。而这个就是漏电流。开漏输出：OC 门的输出就是开漏输出；OD

门的输出也是开漏输出。它可以吸收很大的电流，但是不能向外输出的电流。所以，为了能输入和输出电流，它使用的时候要跟电源和上拉电阻一齐用。OD 门一般作为输出缓冲/驱动器、电平转换器以及满足吸收大负载电流的需要。

9, 什么叫做图腾柱，它与开漏电路有什么区别？

TTL 集成电路中，输出有接上拉三极管的输出叫做图腾柱输出，没有的叫做 OC 门。因为

TTL 就是一个三级管，图腾柱也就是两个三级管推挽相连。所以推挽就是图腾。一般图腾式输出，高电平 400UA，低电平 8MA

1.3 LSB的定义

当选择模数转换器(ADC)时,最低有效位(LSB)这一参数的含义是什么?有位工程师告诉我某某生产商的某款12位转换器只有7个可用位。也就是说,所谓12位的转换器实际上只有7位。他的结论是根据器件的失调误差和增益误差参数得出的,这两个参数的最大值如下:

失调误差 = $\pm 3\text{LSB}$,

增益误差 = $\pm 5\text{LSB}$,

乍一看,觉得他似乎是对的。从上面列出的参数可知最差的技术参数是增益误差($\pm 5\text{LSB}$)。进行简单的数学运算,12位减去5位分辨率等于7位,对吗?果真如此的话,ADC生产商为何还要推出这样的器件呢?增益误差参数似乎表明只要购买成本更低的8位转换器就可以了,但看起来这又有点不对劲了。正如您所判断的,上面的说法是错误的。

让我们重新来看一下LSB的定义。考虑一个12位串行转换器,它会输出由1或0组成的12位数串。通常,转换器首先送出的是最高有效位(MSB)(即LSB + 11)。有些转换器也会先送出LSB。在下面的讨论中,我们假设先送出的是MSB(如图1所示),然后依次送出MSB-1(即LSB + 10)和MSB -2(即LSB + 9)并依次类推。转换器最终送出MSB -11(即LSB)作为位串的末位。

LSB这一术语有着特定的含义,它表示的是数字流中的最后一位,也表示组成满量程输入范围的最小单位。对于12位转换器来说,**LSB的值相当于模拟信号满量程输入范围除以212或4,096的商**。如果用真实的数字来表示的话,对于满量程输入范围为4.096V的情况,一个12位转换器对应的LSB大小为1mV。但是,将LSB定义为4096个可能编码中的一个编码对于我们的理解是有好处的。

让我们回到开头的技术指标,并将其转换到满量程输入范围为4.096V的12位转换器中:

失调误差 = $\pm 3\text{LSB} = \pm 3\text{mV}$,

增益误差 = $\pm 5\text{LSB} = \pm 5\text{mV}$,

这些技术参数表明转换器转换过程引入的误差最大仅为8mV(或8个编码)。这绝不是说误差发生在转换器输出位流的LSB、LSB-1、LSB-2、LSB-3、LSB-4、LSB-5、LSB-6和LSB-7八个位上,而是表示误差最大是一个LSB的八倍(或8mV)。准确地说,转换器的传递函数可能造成在4,096个编码中丢失最多8个编码。丢失的只可能是最低端或最高端的编码。例如,误差为+8LSB((+3LSB失调误差) + (+5LSB增益误差))的一个12位转换器可能输出的编码范围为0至4,088。丢失的编码为4088至4095。相对于满量程这一误差很小仅为其0.2%。与此相对,一个误差为-3LSB((-3LSB失调误差)(-5LSB增益误差))的12位转换器输出的编码范围为3至4,095。此时增益误差会造成精度下降,但不会使编码丢失。丢失的编码为0、1和2。这两个例子给出的都是最坏情况。在实际的转换器中,失调误差和增益误差很少会如此接近最大值。

1.4 场效应管及三级管型号大全

晶体管型号	反压 V_{be0}	电流 I_{cm}	功率 P_{cm}	放大系数	特征频率	管子类型
IRFU020	50V	15A	42W	*	*	NMOS 场效应
IRFPG42	1000V	4A	150W	*	*	NMOS 场效应
IRFPF40	900V	4.7A	150W	*	*	NMOS 场效应
IRFP9240	200V	12A	150W	*	*	PMOS 场效应
IRFP9140	100V	19A	150W	*	*	PMOS 场效应
IRFP460	500V	20A	250W	*	*	NMOS 场效应
IRFP450	500V	14A	180W	*	*	NMOS 场效应
IRFP440	500V	8A	150W	*	*	NMOS 场效应
IRFP353	350V	14A	180W	*	*	NMOS 场效应
IRFP350	400V	16A	180W	*	*	NMOS 场效应
IRFP340	400V	10A	150W	*	*	NMOS 场效应
IRFP250	200V	33A	180W	*	*	NMOS 场效应
IRFP240	200V	19A	150W	*	*	NMOS 场效应
IRFP150	100V	40A	180W	*	*	NMOS 场效应

晶体管型号	反压 V_{be0}	电流 I_{cm}	功率 P_{cm}	放大系数	特征频率	管子类型
IRFP140	100V	30A	150W	*	*	NMOS 场效应
IRFP054	60V	65A	180W	*	*	NMOS 场效应
IRFI744	400V	4A	32W	*	*	NMOS 场效应

						应
IRFI730	400V	4A	32W	*	*	NMOS 场效应
IRFD9120	100V	1A	1W	*	*	NMOS 场效应
IRFD123	80V	1.1A	1W	*	*	NMOS 场效应
IRFD120	100V	1.3A	1W	*	*	NMOS 场效应
IRFD113	60V	0.8A	1W	*	*	NMOS 场效应
IRFBE30	800V	2.8A	75W	*	*	NMOS 场效应
IRFBC40	600V	6.2A	125W	*	*	NMOS 场效应
IRFBC30	600V	3.6A	74W	*	*	NMOS 场效应
IRFBC20	600V	2.5A	50W	*	*	NMOS 场效应
IRFS9630	200V	6.5A	75W	*	*	PMOS 场效应
IRF9630	200V	6.5A	75W	*	*	PMOS 场效应
IRF9610	200V	1A	20W	*	*	PMOS 场效应

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
IRF9541	60V	19A	125W	*	*	PMOS 场效应
IRF9531	60V	12A	75W	*	*	PMOS 场效应
IRF9530	100V	12A	75W	*	*	PMOS 场效应
IRF840	500V	8A	125W	*	*	NMOS 场效应
IRF830	500V	4.5A	75W	*	*	NMOS 场效应
IRF740	400V	10A	125W	*	*	NMOS 场效应
IRF730	400V	5.5A	75W	*	*	NMOS 场效应

						应
IRF720	400V	3.3A	50W	*	*	NMOS 场效应
IRF640	200V	18A	125W	*	*	NMOS 场效应
IRF630	200V	9A	75W	*	*	NMOS 场效应
IRF610	200V	3.3A	43W	*	*	NMOS 场效应
IRF541	80V	28A	150W	*	*	NMOS 场效应
IRF540	100V	28A	150W	*	*	NMOS 场效应
IRF530	100V	14A	79W	*	*	NMOS 场效应
IRF440	500V	8A	125W	*	*	NMOS 场效应

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
IRF230	200V	9A	79W	*	*	NMOS 场效应
IRF130	100V	14A	79W	*	*	NMOS 场效应
BUZ20	100V	12A	75W	*	*	NMOS 场效应
BUZ11A	50V	25A	75W	*	*	NMOS 场效应
BS170	60V	0.3A	0.63W	*	*	NMOS 场效应
2SC4582	600V	15A	75W	*	*	NPN
2SC4517	550V	3A	30W	*	*	NPN
2SC4429	1100V	8A	60W	*	*	NPN
2SC4297	500V	12A	75W	*	*	NPN
2SC4288	1400V	12A	200W	*	*	NPN
2SC4242	450V	7A	40W	*	*	NPN
2SC4231	800V	2A	30W	*	*	NPN
2SC4119	1500V	15A	250W	*	*	NPN
2SC4111	1500V	10A	250W	*	*	NPN
2SC4106	500V	7A	50W	*	20MHZ	NPN

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SC4059	600V	15A	130W	*	*	NPN
2SC4038	50V	0.1A	0.3W	*	180MHZ	NPN
2SC4024	100V	10A	35W	*	*	NPN
2SC3998	1500V	25A	250W	*	*	NPN
2SC3997	1500V	15A	250W	*	*	NPN
2SC3987	50V	3A	20W	1000	*	NPN(达林顿)
2SC3953	120V	0.2A	1.3W	*	400MHZ	NPN
2SC3907	180V	12A	130W	*	30MHZ	NPN
2SC3893	1400V	8A	50W	*	8MHZ	NPN
2SC3886	1400V	8A	50W	*	8MHZ	NPN
2SC3873	500V	12A	75W	*	30MHZ	NPN
2SC3866	900V	3A	40W	*	*	NPN
2SC3858	200V	17A	200W	*	20MHZ	NPN
2SC3807	30V	2A	1.2W	*	260MHZ	NPN
2SC3783	900V	5A	100W	*	*	NPN

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SC3720	1200V	10A	200W	*	*	NPN
2SC3680	900V	7A	120W	*	*	NPN
2SC3679	900V	5A	100W	*	*	NPN
2SC3595	30V	0.5A	1.2W	90	*	NPN
2SC3527	500V	15A	100W	13	*	NPN
2SC3505	900V	6A	80W	12	*	NPN
2SC3460	1100V	6A	100W	12	*	NPN
2SC3457	1100V	3A	50W	12	*	NPN
2SC3358	20V	0.15A	*	*	7000MHZ	NPN
2SC3355	20V	0.15A	*	*	6500MHZ	NPN
2SC3320	500V	15A	80W	*	*	NPN
2SC3310	500V	5A	40W	20	*	NPN
2SC3300	100V	15A	100W	*	*	NPN
2SC1855	20V	0.02A	0.25W	*	550MHZ	NPN
2SC1507	300V	0.2A	15W	*	*	NPN

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
-------	---------	--------	--------	------	------	------

2SC1494	36V	6A	40W	*	175MHZ	NPN
2SC1222	60V	0.1A	0.25W	*	100MHZ	NPN
2SC1162	35V	1.5A	10W	*	*	NPN
2SC1008	80V	0.7A	0.8W	*	50MHZ	NPN
2SC900	30V	0.03A	0.25W	*	100MHZ	NPN
2SC828	45V	0.05A	0.25W	*	*	NPN
2SC815	60V	0.2A	0.25W	*	*	NPN
2SC380	35V	0.03A	0.25W	*	*	NPN
2SC106	60V	1.5A	15W	*	*	NPN
2SB1494	120V	25A	120W	*	*	PNP(达林顿)
2SB1429	180V	15A	150W	*	*	PNP
2SB1400	120V	6A	25W	1000-20000	*	PNP(达林顿)
2SB1375	60V	3A	2W	*	*	PNP
2SB1335	80V	4A	30W	*	*	PNP
2SB1317	180V	15A	150W	*	*	PNP

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SB1316	100V	2A	10W	15000	*	PNP(达林顿)
2SB1243	40V	3A	1W	*	70MHZ	PNP
2SB1240	40V	2A	1W	*	100MHZ	PNP
2SB1238	80V	0.7A	1W	*	100MHZ	PNP
2SB1185	60V	3A	25W	*	75MHZ	PNP
2SB1079	100V	20A	100W	5000	*	PNP(达林顿)
2SB1020	100V	7A	40W	6000	*	PNP(达林顿)
2SB834	60V	3A	30W	*	*	PNP
2SB817	160V	12A	100W	*	*	PNP
2SB772	40V	3A	10W	*	*	PNP
2SB744	70V	3A	10W	*	*	PNP
2SB734	60V	1A	1W	*	*	PNP
2SB688	120V	8A	80W	*	*	PNP
2SB675	60V	7A	40W	*	*	PNP(达林顿)
2SB669	70V	4A	40W	*	*	PNP(达林顿)

						顿)
--	--	--	--	--	--	----

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SB649	180V	1.5A	1W	*	*	PNP
2SB647	120V	1A	0.9W	*	140MHZ	PNP
2SB449	50V	3.5A	22W	*	*	PNP
2SA1943	230V	15A	150W	*	*	PNP
2SA1785	400V	1A	1W	*	140MHZ	PNP
2SA1668	200V	2A	25W	*	20MHZ	PNP
2SA1516	180V	12A	130W	*	25MHZ	PNP
2SA1494	200V	17A	200W	*	20MHZ	PNP
2SA1444	100V	1.5A	2W	*	80MHZ	PNP
2SA1358	120V	1A	10W	*	120MHZ	PNP
2SA1302	200V	15A	150W	*	*	PNP
2SA1301	200V	10A	100W	*	*	PNP
2SA1295	230V	17A	200W	*	*	PNP
2SA1265	140V	10A	30W	*	*	PNP
2SA1216	180V	17A	200W	*	*	PNP

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SA1162	50V	0.15A	0.15W	*	*	PNP
2SA1123	150V	0.05A	0.75W	*	*	PNP
2SA1020	50V	2A	0.9W	*	*	PNP
2SA1009	350V	2A	15W	*	*	PNP
2N6678	650V	15A	175W	*	*	NPN
2N5685	60V	50A	300W	*	*	NPN
2N6277	180V	50A	300W	*	*	NPN
2N5551	160V	0.6A	0.6W	*	100MHZ	NPN
2N5401	160V	0.6A	0.6W	*	100MHZ	PNP
2N3773	160V	16A	150W	*	*	NPN
2N3440	450V	1A	1W	*	*	NPN
2N3055	100V	15A	115W	*	*	NPN
2N2907	60V	0.6A	0.4W	200	*	NPN
2N2369	40V	0.5A	0.3W	*	800MHZ	NPN
2N2222	60V	0.8A	0.5W	45	*	NPN

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
-------	---------	--------	--------	------	------	------

9018	30V	0.05A	0.4W	*	1G	NPN
9015	50V	0.1A	0.4W	*	150MHZ	PNP
9014	50V	0.1A	0.4W	*	150MHZ	NPN
9013	50V	0.5A	0.6W	*	*	NPN
9012	50V	0.5A	0.6W	*	*	PNP
9011	50V	0.03A	0.4W	*	150MHZ	NPN
TIP147	100V	10A	125W	*	*	PNP
TIP142	100V	10A	125W	*	*	NPN
TIP127	100V	8A	65W	*	*	PNP
TIP122	100V	8A	65W	*	*	NPN
TIP102	100V	8A	2W	*	*	NPN
TIP42C	100V	6A	65W	*	*	PNP
TIP41C	100V	6A	65W	*	*	NPN
TIP36C	100V	25A	125W	*	*	PNP
TIP35C	100V	25A	125W	*	*	NPN

	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
TIP32C	100V	3A	40W	*	*	PNP
TIP31C	100V	3A	40W	*	*	NPN
MJE13007	1500V	2.5A	60W	*	*	NPN
MJE13005	400V	4A	60W	*	*	NPN
MJE13003	400V	1.5A	14W	*	*	NPN
MJE2955T	60V	10A	75W	*	*	NPN
MJE350	300V	0.5A	20W	*	*	NPN
MJE340	300V	0.5A	20W	*	*	NPN
MJ15025	400V	16A	250W	*	*	PNP
MJ15024	400V	16A	250W	*	*	NPN
MJ13333	400V	20A	175W	*	*	NPN
MJ11033	120V	50A	300W	*	*	NPN
MJ11032	120V	50A	300W	*	*	NPN
MJ10025	850V	20A	250W	*	*	NPN
MJ10016	500V	50A	200W	*	*	NPN

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
BUS13A	1000V	15A	175W	*	*	NPN
BUH515	1500V	10A	80W	*	*	NPN
BU2532	1500V	15A	150W	*	*	NPN

BU2527	1500V	15A	150W	*	*	NPN
BU2525	1500V	12A	150W	*	*	NPN
BU2522	1500V	11A	150W	*	*	NPN
BU2520	800V	10A	150W	*	*	NPN
BU2508	700V	8A	125W	*	*	NPN
BU2506	1500V	7A	50W	*	*	NPN
BU932R	500V	15A	150W	*	*	NPN
BU806	400V	8A	60W	*	*	NPN
BU406	400V	7A	60W	*	*	NPN
BU323	450V	10A	125W	*	*	NPN(达林顿)
BF458	250V	0.1A	10W	*	*	NPN
BD682	100V	4A	40W	*	*	PNP

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
MJ10015	400V	50A	200W	*	*	NPN
MJ10012	400V	10A	175W	*	*	NPN(达林顿)
MJ4502	90V	30A	200W	*	*	PNP
MJ3055	60V	15A	115W	*	*	NPN
MJ2955	60V	15A	115W	*	*	PNP
MN650	1500V	6A	80W	*	*	NPN
BUX98A	400V	30A	210W	*	*	NPN
BUX84	800V	2A	40W	*	*	NPN
BUW13A	1000V	15A	150W	*	*	NPN
BUV48A	450V	15A	150W	*	*	NPN
BUV28A	225V	10A	65W	*	*	NPN
BUV26	90V	14A	65W	*	*	NPN
BUT12A	450V	10A	125W	*	*	NPN
BUT11A	1000V	5A	100W	*	*	NPN
BUS14A	1000V	30A	250W	*	*	NPN

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
BD681	100V	4A	40W	*	*	NPN
BD244	45V	6A	65W	*	*	PNP
BD243	45V	6A	65W	*	*	NPN
BD238	100V	2A	25W	*	*	PNP

BD237	100V	2A	25W	*	*	NPN
BD138	60V	1.5A	12.5W	*	*	PNP
BD137	60V	1.5A	12.5W	*	*	NPN
BD136	45V	1.5A	12.5W	*	*	PNP
BD135	45V	1.5A	12.5W	*	*	NPN
BC547	50V	0.2A	0.5W	*	300MHZ	NPN
BC546	80V	0.2A	0.5W	*	*	NPN
BC338	50V	0.8A	0.6W	*	*	NPN
BC337	50V	0.8A	0.6W	*	*	NPN
BC327	50V	0.8	0.6W	*	*	PNP
BC307	50V	0.2AA	0.3W	*	*	PNP

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SDK55	400V	4A	60W	*	*	NPN
2SD2445	1500V	12.5A	120W	*	*	NPN
2SD2388	90V	3A	1.2W	*	*	NPN(达林顿)
2SD2335	1500V	7A	100W	*	*	NPN
2SD2334	1500V	5A	80W	*	*	NPN
2SD2156	120V	25A	125W	2000-20000	*	NPN(达林顿)
2SD2155	180V	15A	150W	*	*	NPN
2SD2036	60V	1A	1.2W	*	*	NPN
2SD2012	60V	3A	2W	*	*	NPN
2SD2008	80V	1A	1.5W	*	*	NPN
2SD1997	40V	3A	1.5W	*	100MHZ	NPN
2SD1994	60V	1A	1W	*	*	NPN
2SD1993	50V	0.1A	0.4W	*	*	NPN
2SD1980	100V	2A	10W	1000-10000	*	NPN(达林顿)
2SD1978	120V	1.5A	1W	30000	*	NPN(达林顿)

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SD1975	180V	15A	150W	*	*	NPN
2SD1930	100V	2A	1.2W	1000	*	NPN(达林顿)
2SD1847	50V	1A	1W	*	*	NPN(低噪)

2SD1762	60V	3A	25W	*	90MHZ	NPN
2SD1718	180V	15A	3.2W	*	20MHZ	NPN
2SD1640	120V	2A	1.2W	4000-40000	*	NPN(达林顿)
2SD1590	150V	8A	25W	15000	*	NPN(达林顿)
2SD1559	100V	20A	20W	5000	*	NPN(达林顿)
2SD1415	80V	7A	40W	6000	*	NPN(达林顿)
2SD1416	80V	7A	40W	6000	*	NPN(达林顿)
2SD1302	25V	0.5A	0.5W	*	200MHZ	NPN
2SD1273	80V	3A	40W	*	50MHZ	NPN
2SD1163A	350V	7A	40W	*	60MHZ	NPN
2SD1047	160V	12A	100W	*	*	NPN
2SD1037	150V	30A	180W	*	*	NPN

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SD1025	200V	8A	50W	*	*	NPN(达林顿)
2SD789	100V	1A	0.9W	*	*	NPN
2SD774	100V	1A	1W	*	*	NPN
2SD669	180V	1.5A	1W	*	140MHZ	NPN
2SD667	120V	1A	0.9W	*	140MHZ	NPN(达林顿)
2SD560	150V	5A	30W	*	*	NPN(达林顿)
2SD547	600V	50A	400W	*	*	NPN
2SD438	500V	1A	0.75W	*	100MHZ	NPN
2SD415	120V	0.8A	5W	*	*	NPN
2SD385	100V	7A	30W	*	*	NPN(达林顿)
2SD325	50V	3A	25W	*	*	NPN
2SD40C	40V	0.5A	40W	*	*	NPN(达林顿)
2SC5252	1500V	15A	100W	*	*	NPN
2SC5251	1500V	12A	50W	*	*	NPN
2SC5250	1000V	7A	100W	*	*	NPN

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SC5244	1500V	15A	200W	*	*	NPN
2SC5243	1500V	15A	200W	*	*	NPN
2SC5207	1500V	10A	50W	*	*	NPN
2sc5200	230V	15A	150W	*	*	NPN
2sc5132	1500V	16A	50W	*	*	NPN
2sc5088	1500V	10A	50W	*	*	NPN
2sc5086	1500V	10A	50W	*	*	NPN
2sc5068	1500V	10A	50W	*	*	NPN
2sc5020	1000V	7A	100W	*	*	NPN
2sc4953	500V	2A	25W	*	*	NPN
2sc4941	1500V	6A	65W	*	*	NPN
2sc4927	1500V	8A	50W	*	*	NPN
2sc4924	800V	10A	70W	*	*	NPN
2sc4913	2000V	0.2A	35W	*	*	NPN
2sc4769	1500V	7A	60W	*	*	NPN(带阻尼)

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2sc4747	1500V	10A	50W	*	*	NPN
2sc4745	1500V	6A	50W	*	*	NPN
2sc4742	1500V	6A	50W	*	*	NPN(带阻尼)
2sc4706	900V	14A	130W	*	6MH	NPN
2SD1887	1500V	10A	70W	*	*	NPN
2SD1886	1500V	8A	70W	*	*	NPN
2SD1885	1500V	6A	60W	*	*	NPN
2SD1884	1500V	5A	60W	*	*	NPN
2SD1883	1500V	4A	50W	*	*	NPN
2SD1882	1500V	3A	50W	*	*	NPN
2SD1881	1500V	10A	70W	*	*	NPN
2SD1880	1500V	8A	70W	*	*	NPN
2SD1879	1500V	6A	60W	*	*	NPN
2SD1878	1500V	5A	60W	*	*	NPN
2SD1876	1500V	3A	50W	*	*	NPN

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
-------	---------	--------	--------	------	------	------

2SD1739	1500V	6A	100W	*	*	NPN
2SD1738	1500V	5A	100W	*	*	NPN
2SD1737	1500V	3.5A	60W	*	*	NPN
2SD1732	1500V	7A	120W	*	*	NPN
2SD1731	1500V	6A	100W	*	*	NPN
2SD1730	1500V	5A	100W	*	*	NPN
2SD1729	1500V	3.5A	60W	*	*	NPN
2SD1711	1500V	7A	100W	*	*	NPN
2SD1710	1500V	6A	100W	*	*	NPN
2SD1656	1500V	6A	60W	*	*	NPN
2SD1655	1500V	5A	60W	*	*	NPN
2SD1654	1500V	3.5A	50W	*	*	NPN
2SD1653	1500V	2.5A	50W	*	*	NPN
2SD1652	1500V	6A	60W	*	*	NPN
2SD1651	1500V	5A	60W	*	*	NPN

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SD1650	1500V	3.5A	50W	*	*	NPN
2SD1635	1500V	5A	100W	*	*	NPN
2SD1632	1500V	4A	70W	*	*	NPN
2SD1577	1500V	5A	80W	*	*	NPN
2SD1554	1500V	3.5A	40W	*	*	NPN
2SD1548	1500V	10A	50W	*	*	NPN
2SD1547	1500V	7A	50W	*	*	NPN
2SD1546	1500V	6A	50W	*	*	NPN
2SD1545	1500V	5A	50W	*	*	NPN
2SD1456	1500V	6A	50W	*	*	NPN
2SD1455	1500V	5A	50W	*	*	NPN
2SD1454	1700V	4A	50W	*	*	NPN
2SD1434	1700V	5A	80W	*	*	NPN
2SD1431	1500V	5A	80W	*	*	NPN
2SD1426	1500V	3.5A	80W	*	*	NPN

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SD1402	1500V	5A	120W	*	*	NPN
2SD1399	1500V	6A	60W	*	*	NPN
2SD1344	1500V	6A	50W	*	*	NPN

2SD1343	1500V	6A	50W	*	*	NPN
2SD1342	1500V	5A	50W	*	*	NPN
2SD1941	1500V	6A	50W	*	*	NPN
2SD1911	1500V	5A	50W	*	*	NPN
2SD1341	1500V	5A	50W	*	*	NPN
2SD1219	1500V	3A	65W	*	*	NPN
2SD1290	1500V	3A	50W	*	*	NPN
2SD1175	1500V	5A	100W	*	*	NPN
2SD1174	1500V	5A	85W	*	*	NPN
2SD1173	1500V	5A	70W	*	*	NPN
2SD1172	1500V	5A	65W	*	*	NPN
2SD1143	1500V	5A	65W	*	*	NPN

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SD1142	1500V	3.5A	50W	*	*	NPN
2SD1016	1500V	7A	50W	*	*	NPN
2SD995	2500V	3A	50W	*	*	NPN
2SD994	1500V	8A	50W	*	*	NPN
2SD957A	1500V	6A	50W	*	*	NPN
2SD954	1500V	5A	95W	*	*	NPN
2SD952	1500V	3A	70W	*	*	NPN
2SD904	1500V	7A	60W	*	*	NPN
2SD903	1500V	7A	50W	*	*	NPN
2SD871	1500V	6A	50W	*	*	NPN
2SD870	1500V	5A	50W	*	*	NPN
2SD869	1500V	3.5A	50W	*	*	NPN
2SD838	2500V	3A	50W	*	*	NPN
2SD822	1500V	7A	50W	*	*	NPN
2SD821	1500V	6A	50W	*	*	NPN

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SD348	1500V	7A	50W	*	*	NPN
2SC4303A	1500V	6A	80W	*	*	NPN
2SC4292	1500V	6A	100W	*	*	NPN
2SC4291	1500V	5A	100W	*	*	NPN
2SC4199A	1500V	10A	100W	*	*	NPN
2SC3883	1500V	5A	50W	*	*	NPN

2SC3729	1500V	5A	50W	*	*	NPN
2SC3688	1500V	10A	150W	*	*	NPN
2SC3687	1500V	8A	150W	*	*	NPN
2SC3686	1500V	7A	120W	*	*	NPN
2SC3685	1500V	6A	120W	*	*	NPN
2SC3486	1500V	6A	120W	*	*	NPN
2SC3485	1500V	5A	120W	*	*	NPN
2SC3484	1500V	3.5A	80W	*	*	NPN
2SC3482	1500V	6A	120W	*	*	NPN

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SC3481	1500V	5A	120W	*	*	NPN
2SC3480	1500V	3.5A	80W	*	*	NPN
2SC2125	2200V	5A	50W	*	*	NPN
2SC2027	1500V	5A	50W	*	*	NPN
BUY71	2200V	2A	40W	*	*	NPN
BU508A	1500V	7.5A	75W	*	*	NPN
BU500	1500V	6A	75W	*	*	NPN
BU308	1500V	5A	12.5W	*	*	NPN
BU209A	1700V	5A	12.5W	*	*	NPN
BU208D	1500V	5A	12.5W	*	*	NPN
BU208A	1500V	5A	12.5W	*	*	NPN
BU108	1500V	5A	12.5W	*	*	NPN
2SD1585	60V	3A	15W	*	*	NPN
2SD773	20V	2A	1W	*	*	NPN
2SC2785	60V	0.1A	0.3W	*	*	NPN

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SC403	50V	0.1A	0.1W	*	*	NPN
2SD1246	30V	2A	0.75W	*	*	NPN
2SC2570A	25V	0.07A	0.6W	*	*	NPN
2SC1047	30V	0.015A	0.15W	*	*	NPN
2SC3114	60V	0.15A	0.2W	*	*	NPN
2SD400	25V	1A	0.75W	*	*	NPN
2SC1923	40V	0.02A	0.1W	*	*	NPN
2SC2621	300V	0.2A	10W	*	*	NPN
2SC2568	300V	0.2A	10W	*	*	NPN

2SC2216	50V	0.05A	0.3W	*	*	NPN
2SC1674	30V	0.02A	0.1W	*	*	NPN
2SC536F	40V	0.1A	0.25W	*	*	NPN
2SA608F	30V	0.1A	0.25W	*	*	PNP
2SD1271A	130V	7A	40W	*	*	NPN
2SD1133	70V	4A	40W	*	*	NPN

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SC1890A	120V	0.05A	0.3W	*	*	NPN
2SC1360	50V	0.05A	0.5W	*	*	NPN
2SA1304	150V	1.5A	25W	*	*	PNP
2SD1274A	150V	5A	40W	*	*	NPN
2SC2371	300V	0.1A	10W	*	*	NPN
2SA966Y	30V	1.5A	0.9W	*	*	PNP
2SD1378	80V	0.7A	10W	*	*	NPN
2SD553Y	70V	7A	40W	*	*	NPN
RN1204	50V	0.1A	0.3W	*	*	NPN
2SD1405Y	50V	3A	30W	*	*	NPN
2SC2878	50V	0.3A	0.4W	*	*	NPN
2SC1959	30V	0.4A	0.5W	*	*	NPN
2SC1569	300V	0.15A	1.5W	*	*	NPN
2SC2383Y	160V	1A	0.9W	*	*	NPN
2SA1299	50V	0.5A	0.3W	*	*	PNP

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SB564A	45V	0.05	0.25W	*	*	PNP
2SD1877	800V	4A	50W	*	*	NPN
BU508A	1500V	8A	125W	*	*	NPN
BUT11	1500V	5A	80W	*	*	NPN
2SD3505	900V	6A	50W	*	*	NPN
2SD906	1400V	8A	50W	*	*	NPN
2SD905	1400V	8A	50W	*	*	NPN
2SC1942	1500V	3A	100W	*	*	NPN
2SD1397	1500V	3.5A	50W	*	*	NPN
2SD1396	1500V	2.5A	50W	*	*	NPN
2SC3153	900V	6A	100W	*	*	NPN
2SD1403	1500V	6A	50W	*	*	NPN

2SD1410	1500V	3.5A	80W	*	*	NPN
2SD2057	1500V	5A	100W	*	*	NPN
2SD2027	1500V	5A	50W	*	*	NPN

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SD953	1500V	7A	95W	*	*	NPN
2SD951	1500V	3A	65W	*	*	NPN
2SD950	1500V	3.5A	80W	*	*	NPN
2SD852	1500V	5A	70W	*	*	NPN
2SD850	1500V	3A	25W	*	*	NPN
2SD900B	1500V	5A	50W	*	*	NPN
2SD899A	1500V	4A	50W	*	*	NPN
2SD898B	1500V	3A	50W	*	*	NPN
2SD871	1500V	6A	50W	*	*	NPN
2SD870	1500V	5A	50W	*	*	NPN
2SD869	1500V	3.5A	50W	*	*	NPN
2SD1433	1500V	7A	80W	*	*	NPN
2SD1432	1500V	6A	80W	*	*	NPN
2SD1431	1500V	5A	80W	*	*	NPN
2SD820	1500V	5A	50W	*	*	NPN

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SD819	1500V	3.5A	50W	*	*	NPN
2SD1497	1500V	6A	50W	*	*	NPN
2SD1398	1500V	5A	50W	*	*	NPN
2SD1427	1500V	5A	80W	*	*	NPN
2SD1428	1500V	6A	80W	*	*	NPN
2SD1426	1500V	3.5A	80W	*	*	NPN
2SC2068	70V	0.2A	0.62W	*	*	NPN
2SC1627Y	80V	0.3A	0.6W	*	*	NPN
2SC495Y	70V	0.8A	5W	*	*	NPN
2SC388A	20V	0.02A	0.2W	*	*	NPN
2SB686	100V	6A	60W	*	*	PNP
2SA940	150V	1.5A	1.5W	*	*	PNP
2SC2120Y	30V	0.8A	0.6W	*	*	NPN
2SD1555	1500V	5A	50W	*	*	NPN
2SD8806	60V	3A	30W	*	*	NPN

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SC2456	300V	0.1A	10W	*	*	NPN
2SA1300	20V	2A	0.7W	*	*	PNP
2SC304CD	60V	0.5A	0.8W	*	*	NPN
2SC2238	160V	1.5A	25W	*	*	NPN
2SC3328	80V	2A	0.9W	*	*	NPN
2SC2190	450V	5A	100W	*	*	NPN
2SA968Y	160V	1.5A	25W	*	*	PNP
2SC3402	50V	0.1A	0.3W	*	*	NPN
2SC2168	200V	2A	30W	*	*	NPN
2SC3198G	60V	0.15A	0.4W	*	*	NPN
2SC2655Y	60V	2A	0.9W	*	*	NPN
2SC1827	80V	4A	30W	*	*	NPN
2SA1266Y	50V	0.15A	0.4W	*	*	PNP
2SD880	60V	3A	30W	*	*	NPN
2SC1906	30V	0.05A	0.3W	*	*	NPN

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SC945	50V	0.1A	0.25W	*	*	NPN
2SC3279	30V	2A	0.75W	*	*	NPN
2SC2229	200V	0.05A	0.8W	*	*	NPN
2SC2236	30V	1.5A	0.9W	*	*	NPN
2SC383	20V	0.05A	0.2W	*	*	NPN
2SA950Y	150V	0.8A	0.6W	*	*	PNP
BC548B	30V	0.2A	0.5W	*	*	NPN
2SC3399	50V	0.1A	0.3W	*	*	NPN
2SD1455	1500V	5A	50W	*	*	NPN
2SC1983R	80V	3A	30W	*	*	NPN
2SC227	300V	0.1A	0.75W	*	*	NPN
2SC1213D	50V	0.5A	0.4W	*	*	NPN
2SA778AK	180V	0.05A	0.2W	*	*	PNP
DTC114ES	50V	0.1A	0.25W	*	*	NPN
2SC3413C	40V	0.1A	0.5W	*	*	NPN

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SC2611	300V	0.1A	1.25W	*	*	NPN

2SC1514	300V	0.1A	1.25W	*	*	NPN
DTC124ES	50V	0.1A	0.25W	*	*	PNP
2SD1078	50V	2A	20W	*	*	NPN
2SA1390	35V	0.5A	0.3W	*	*	PNP
2SD788	20V	2A	0.9W	*	*	NPN
2SD882	40V	3A	10W	*	*	NPN
2SD787	20V	2A	0.9W	*	*	NPN
2SD401AK	200V	2A	25W	*	*	NPN
2SC2610	300V	0.1A	0.8W	*	*	NPN
2SC2271N	300V	0.1A	0.75W	*	*	NPN
2SC1740	50V	0.3A	0.3W	*	*	NPN
2SC1214C	50V	0.5A	0.6W	*	*	NPN
2SC458D	30V	0.1A	0.2W	*	*	NPN
2SA673	50V	0.5A	0.4W	*	*	PNP

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SD1556	1500V	6A	50W	*	*	NPN
2SD1499	100V	5A	40W	*	*	NPN
2SD1264A	200V	2A	30W	*	*	NPN
2SD1010	50V	0.05A	0.3W	*	*	NPN
2SD966	60V	5A	1W	*	*	NPN
2SD601AR	60V	0.1A	0.2W	*	*	NPN
2SC3265Y	30V	0.8A	0.2W	*	*	NPN
2SC3063	300V	0.1A	1.2W	*	*	NPN
2SC2594	40V	5A	10W	*	*	NPN
2SC1317-R	30V	0.5A	0.4W	*	*	NPN
2SB1013A	30V	0.5A	0.3W	*	*	PNP
2SD1226	60V	3A	35W	*	*	NPN
2SC2636Y	30V	0.05A	0.4W	*	*	NPN
2SB940	200V	2A	30W	*	*	PNP
2SA720-Q	50V	0.5A	0.4W	*	*	PNP

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SD1391	1500V	5A	80W	*	*	NPN
2SC2188	45V	0.05A	0.6W	*	*	NPN
2SK301-R	*	0.14A	0.25W	*	*	N沟场效应管

2SD1266	60V	3A	35W	*	*	NPN
2SD1175	1500V	5A	100W	*	*	NPN
2SD973	30V	1A	1W	*	*	NPN
2SC2923	300V	0.2A	15W	*	*	NPN
2SC2653H	250V	0.2A	15W	*	*	NPN
2SC2377C	30V	0.15A	0.2W	*	*	NPN
2SC1685Q	30V	0.1A	0.25W	*	*	NPN
2SC1573A	250V	0.07A	0.6W	*	*	NPN
2SB642-R	60V	0.2A	0.4W	*	*	PNP
2SA1309A	25V	0.1A	0.3W	*	*	PNP
2SA1018	150V	0.07A	0.75W	*	*	PNP
2SA564A	25V	0.1A	0.25W	*	*	PNP

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SA1309A	25V	0.1A	0.3W	*	*	PNP
2SD1544	1500V	3.5A	40W	*	*	NPN
2SD802	900V	6A	50W	*	*	NPN
2SC2717	35V	0.8A	7.5W	*	*	NPN
2SC2482	150V	0.1A	0.9W	*	*	NPN
2SC2073	150V	1.5A	25W	*	*	NPN
2SC1815Y	60V	0.15A	0.4W	*	*	NPN
2SB774T	30V	0.01A	0.25W	*	*	PNP
2SA1015R	50V	0.15A	0.4W	*	*	PNP
2SA904	90V	0.05A	0.2W	*	*	PNP
2SA562T	30V	0.4A	0.3W	*	*	PNP

晶体管型号	反压 Vbe0	电流 Icm	功率 Pcm	放大系数	特征频率	管子类型
2SK301-Q	*	0.14A	0.25W	*	*	N沟场效应管
2SD1541	1500V	3A	50W	*	*	NPN
2SC1685	30V	0.1A	0.25W	*	*	NPN
2SC1573A	250V	0.07A	0.6W	*	*	NPN
2SA1309A	25V	0.1A	0.3W	*	*	PNP
UN4213	50V	0.1A	0.25W	*	*	NPN
UN4211	50V	0.1A	0.25W	*	*	NPN
UN4212	50V	0.1A	0.25W	*	*	NPN
UN4111	50V	0.1A	0.25W	*	*	PNP

2SD1541	1500V	3A	50W	*	*	NPN
2SD965	40V	5A	0.75W	*	*	NPN
2SC2839	30V	0.1A	0.1W	*	*	NPN
2SC2258	250V	0.1A	1W	*	*	NPN
2SC1846	45V	1A	1.2W	*	*	NPN
2SC1573A	250V	0.07A	0.6W			

1.5 场效应晶体管与三极管基础知识

根据三极管的原理开发出的新一代放大元件，有 3 个极性，栅极，漏极，源极，它的特点是栅极的内阻极高，采用二氧化硅材料的可以达到几百兆欧，属于电压控制型器件

概念：

场效应晶体管（Field Effect Transistor 缩写(FET)）简称场效应管.由多数载流子参与导电,也称为单极型晶体管.它属于电压控制型半导体器件.

特点：

具有输入电阻高（ $10^8 \sim 10^9 \Omega$ ）、噪声小、功耗低、动态范围大、易于集成、没有二次击穿现象、安全工作区域宽等优点,现已成为双极型晶体管和功率晶体管的强大竞争者.

场效应管的作用

- 1、场效应管可应用于放大。由于场效应管放大器的输入阻抗很高，因此耦合电容可以容量较小，不必使用电解电容器。
- 2、场效应管很高的输入阻抗非常适合作阻抗变换。常用于多级放大器的输入级作阻抗变换。
- 3、场效应管可以用作可变电阻。
- 4、场效应管可以方便地用作恒流源。
- 5、场效应管可以用作电子开关。

场效应管的测试

1、结型场效应管的管脚识别：

场效应管的栅极相当于晶体管的基极，源极和漏极分别对应于晶体管的发射极和集电极。将万用表置于 $R \times 1k$ 档，用两表笔分别测量每两个管脚间的正、反向电阻。当某两个管脚间的正、反向电阻相等，均为数 $K\Omega$ 时，则这两个管脚为漏极 **D** 和源极 **S**（可互换），余下的一个管脚即为栅极 **G**。对于有 4 个管脚的结型场效应管，另外一极是屏蔽极（使用中接地）。

2、判定栅极

用万用表黑表笔碰触管子的一个电极，红表笔分别碰触另外两个电极。若两次测出的阻值都很小，说明均是正向电阻，该管属于 N 沟道场效应管，黑表笔接的也是栅极。

制造工艺决定了场效应管的源极和漏极是对称的，可以互换使用，并不影响电路的正常工作，所以不必加以区分。源极与漏极间的电阻约为几千欧。

注意不能用此法判定绝缘栅型场效应管的栅极。因为这种管子的输入电阻极高，栅源间的极间电容又很小，测量时只要有少量的电荷，就可在极间电容上形成很高的电压，容易将管子损坏。

3、估测场效应管的放大能力 将万用表拨到 $R \times 100$ 档，红表笔接源极 S，黑表笔接漏极 D，相当于给场效应管加上 1.5V 的电源电压。这时表针指示出的是 D-S 极间电阻值。然后用手指捏栅极 G，将人体的感应电压作为输入信号加到栅极上。由于管子的放大作用，UDS 和 ID 都将发生变化，也相当于 D-S 极间电阻发生变化，可观察到表针有较大幅度的摆动。如果手捏栅极时表针摆动很小，说明管子的放大能力较弱；若表针不动，说明管子已经损坏。

由于人体感应的 50Hz 交流电压较高，而不同的场效应管用电阻档测量时的工作点可能不同，因此用手捏栅极时表针可能向右摆动，也可能向左摆动。少数的管子 RDS 减小，使表针向右摆动，多数管子的 RDS 增大，表针向左摆动。无论表针的摆动方向如何，只要能明显地摆动，就说明管子具有放大能力。本方法也适用于测 MOS 管。为了保护 MOS 场效应管，必须用手握住螺钉旋具绝缘柄，用金属杆去碰栅极，以防止人体感应电荷直接加到栅极上，将管子损坏。

MOS 管每次测量完毕，G-S 结电容上会充有少量电荷，建立起电压 UGS，再接着测时表针可能不动，此时将 G-S 极间短路一下即可。

2.场效应管的分类:

场效应管分结型、绝缘栅型(MOS)两大类

按沟道材料:结型和绝缘栅型各分 N 沟道和 P 沟道两种.

按导电方式:耗尽型与增强型,结型场效应管均为耗尽型,绝缘栅型场效应管既有耗尽型的,也有增强型的。

场效应晶体管可分为结场效应晶体管和 MOS 场效应晶体管,而 MOS 场效应晶体管又分为 N 沟耗尽型和增强型;P 沟耗尽型和增强型四大类.

3.场效应管的主要参数 :

Idss — 饱和漏源电流.是指结型或耗尽型绝缘栅场效应管中,栅极电压 $U_{GS}=0$ 时的漏源电流.

Up — 夹断电压.是指结型或耗尽型绝缘栅场效应管中,使漏源间刚截止时的栅极电压.

Ut — 开启电压.是指增强型绝缘栅场效应管中,使漏源间刚导通时的栅极电压.

gM — 跨导.是表示栅源电压 **UGS** 对漏极电流 **ID** 的控制能力,即漏极电流 **ID** 变化量与栅源电压 **UGS** 变化量的比值.**gM** 是衡量场效应管放大能力的重要参数.

BVDS — 漏源击穿电压.是指栅源电压 **UGS** 一定时,场效应管正常工作所能承受的最大漏源电压.这是一项极限参数,加在场效应管上的工作电压必须小于 **BVDS**.

PDSM — 最大耗散功率,也是一项极限参数,是指场效应管性能不变坏时所允许的最大漏源耗散功率.使用时,场效应管实际功耗应小于 **PDSM** 并留有一定余量.

IDS — 最大漏源电流.是一项极限参数,是指场效应管正常工作时,漏源间所允许通过的最大电流.场效应管的工作电流不应超过 **IDS**

4.结型场效应管的管脚识别:

判定栅极 **G**:将万用表拨至 **R×1k** 档,用万用表的负极任意接一电极,另一只表笔依次去接触其余的两个极,测其电阻.若两次测得的电阻值近似相等,则负表笔所接触的为栅极,另外两电极为漏极和源极.漏极和源极互换,若两次测出的电阻都很大,则为 **N** 沟道;若两次测得的阻值都很小,则为 **P** 沟道.

判定源极 **S**、漏极 **D**:

在源-漏之间有一个 **PN** 结,因此根据 **PN** 结正、反向电阻存在差异,可识别 **S** 极与 **D** 极.用交换表笔法测两次电阻,其中电阻值较低(一般为几千欧至十几千欧)的一次为正向电阻,此时黑表笔的是 **S** 极,红表笔接 **D** 极.

5.常效应管与晶体三极管的比较

场效应管是电压控制元件,而晶体管是电流控制元件.在只允许从信号源取较少电流的情况下,应选用场效应管;而在信号电压较低,又允许从信号源取较多电流的条件下,应选用晶体管.

场效应管是利用多数载流子导电,所以称之为单极型器件,而晶体管是即有多数载流子,也利用少数载流子导电,被称之为双极型器件.

有些场效应管的源极和漏极可以互换使用,栅压也可正可负,灵活性比晶体管好.

场效应管能在很小电流和很低电压的条件下工作,而且它的制造工艺可以很方便地把很多场效应管集成在一块硅片上,因此场效应管在大规模集成电路中得到了广泛的应用.

一、场效应管的结构原理及特性 场效应管有结型和绝缘栅两种结构,每种结构又有 **N** 沟道和 **P** 沟道两种导电沟道。

1、结型场效应管 (JFET)

(1) 结构原理 它的结构及符号见图 1。在 **N** 型硅棒两端引出漏极 **D** 和源极 **S** 两个电极,又在硅棒的两侧各做一个 **P** 区,形成两个 **PN** 结。在 **P** 区引出电极并连接起来,称为栅极

Go 这样就构成了 N 型沟道的场效应管。由于 PN 结中的载流子已经耗尽，故 PN 基本上是不导电的，形成了所谓耗尽区，当漏极电源电压 ED 一定时，如果栅极电压越负，PN 结交界面所形成的耗尽区就越厚，则漏、源极之间导电的沟道越窄，漏极电流 ID 就愈小；反之，如果栅极电压没有那么负，则沟道变宽，ID 变大，所以用栅极电压 EG 可以控制漏极电流 ID 的变化，就是说，场效应管是电压控制元件。

2、绝缘栅场效应管

它是由金属、氧化物和半导体所组成，所以又称为金属---氧化物---半导体场效应管，简称 MOS 场效应管。

(1) 结构原理

它的结构、电极及符号见图 3 所示，以一块 P 型薄硅片作为衬底，在它上面扩散两个高杂质的 N 型区，作为源极 S 和漏极 D。在硅片表覆盖一层绝缘物，然后再用金属铝引出一个电极 G（栅极）由于栅极与其它电极绝缘，所以称为绝缘栅场效应管。在制造管子时，通过工艺使绝缘层中出现大量正离子，故在交界面的另一侧能感应出较多的负电荷，这些负电荷把高渗杂质的 N 区接通，形成了导电沟道，即使在 $V_{GS}=0$ 时也有较大的漏极电流 ID。当栅极电压改变时，沟道内被感应的电荷量也改变，导电沟道的宽窄也随之而变，因而漏极电流 ID 随着栅极电压的变化而变化。

场效应管的式作方式有两种：当栅压为零时有较大漏极电流的称为耗散型，当栅压为零，漏极电流也为零，必须再加一定的栅压之后才有漏极电流的称为增强型。

各种场效应器件的分类，电压符号和主要伏安特性（转移特性、输出特性） 二、场效应管的主要参数

1、夹断电压 V_P

当 V_{DS} 为某一固定数值，使 I_{DS} 等于某一微小电流时，栅极上所加的偏压 V_{GS} 就是夹断电压 V_P 。

2、饱和漏电流 I_{DSS}

在源、栅极短路条件下，漏源间所加的电压大于 V_P 时的漏极电流称为 I_{DSS} 。

3、击穿电压 BV_{DS}

表示漏、源极间所能承受的最大电压，即漏极饱和电流开始上升进入击穿区时对应的 V_{DS} 。

4、直流输入电阻 R_{GS}

在一定的栅源电压下，栅、源之间的直流电阻，这一特性有以流过栅极的电流来表示，结型场效应管的 R_{GS} 可达 1000000000 欧而绝缘栅场效应管的 R_{GS} 可超过 10000000000000 欧。

5、低频跨导 g_m

漏极电流的微变量与引起这个变化的栅源电压微数变量之比，称为跨导，即

$$g_m = \Delta I_D / \Delta V_{GS}$$

它是衡量场效应管栅源电压对漏极电流控制能力的一个参数，也是衡量放大作用的重要参数，此参灵敏常以栅源电压变化 1 伏时，漏极相应变化多少微安 ($\mu A/V$) 或毫安 (mA/V) 来表示。

- 1、场效应管可应用于放大。由于场效应管放大器的输入阻抗很高，因此耦合电容可以容量较小，不必使用电解电容器。
- 2、场效应管很高的输入阻抗非常适合作阻抗变换。常用于多级放大器的输入级作阻抗变换。
- 3、场效应管可以用作可变电阻。
- 4、场效应管可以方便地用作恒流源。
- 5、场效应管可以用作电子开关。

现在越来越多的电子电路都在使用场效应管，

特别是在音响领域更是如此，场效应管与晶体管不同，它是一种电压控制器件（晶体管是电流控制器件），其特性更象电子管，它具有很高的输入阻抗，较大的功率增益，由于是电压控制器件所以噪声小，其结构简图如图 C-a。场效应管是一种单极型晶体管，它只有一个 P-N 结，在零偏压的状态下，它是导通的，如果在其栅极(G)和源极(S)之间加上一个反向偏压(称栅极偏压)在反向电场作用下 P-N 变厚(称耗尽区)沟道变窄，其漏极电流将变小，(如图 C1-b)，反向偏压达到一定时，耗尽区将完全沟道"夹断"，此时，场效应管进入截止状态如图 C-c，此时的反向偏压我们称之为夹断电压，用 V_{po} 表示，它与栅极电压 V_{gs} 和漏源电压 V_{ds} 之间可近以表示为 $V_{po} = V_{ps} + |V_{gs}|$ ，这里 $|V_{gs}|$ 是 V_{gs} 的绝对值。在制造场效应管时，如果在栅极材料加入之前，在沟道上先加上一层很薄的绝缘层的话，则将会大大地减小栅极电流，也大大地增加其输入阻抗，由于这一绝缘层的存在，场效应管可工作在正的偏置状态，我们称这种场效应管为绝缘栅型场效应管，又称 MOS 场效应管，所以场效应管有两种类型，一种是绝缘栅型场效应管，它可工作在反向偏置，零偏置和正向偏置状态，一种是结型栅型效应管，它只能工作在反向偏置状态。绝缘栅型场效应管又分为增强型和耗尽型两种，我们称在正常情况下导通的为耗尽型场效应管，在正常情况下断开的称增强型效应管。增强型场效应管特点：当 $V_{gs} = 0$ 时 I_d (漏极电流) = 0，只有当 V_{gs} 增加到某一个值时才开始导通，有漏极电流产生。并称开始出现漏极电流时的栅源电压 V_{gs} 为开启电压。耗尽型场效应管的特点，它可以在正或负的栅源电压(正或负偏压)下工作，而且栅极上基本无栅流(非常高的输入电阻)。结型栅场效应管应用的电路可以使用绝缘栅型场效应管，但绝缘栅增强型场效应管应用的电路不能用结型栅场效应管代

1.6 霍尔传感器应用电路

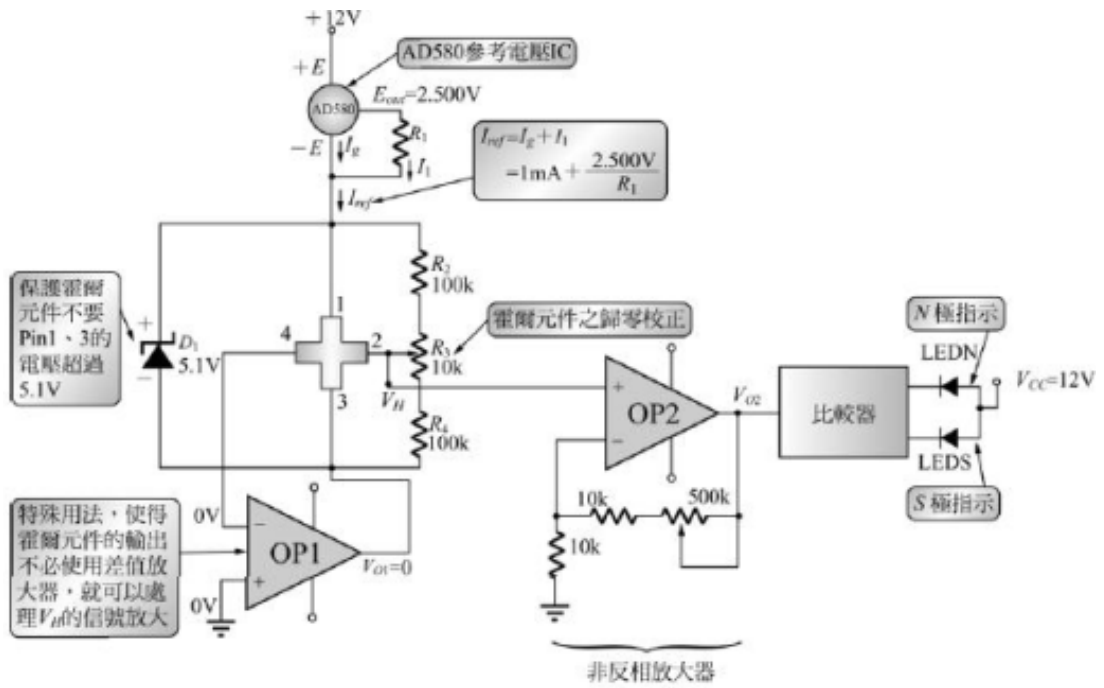


图 1 霍尔传感器 N, S 极判断电路

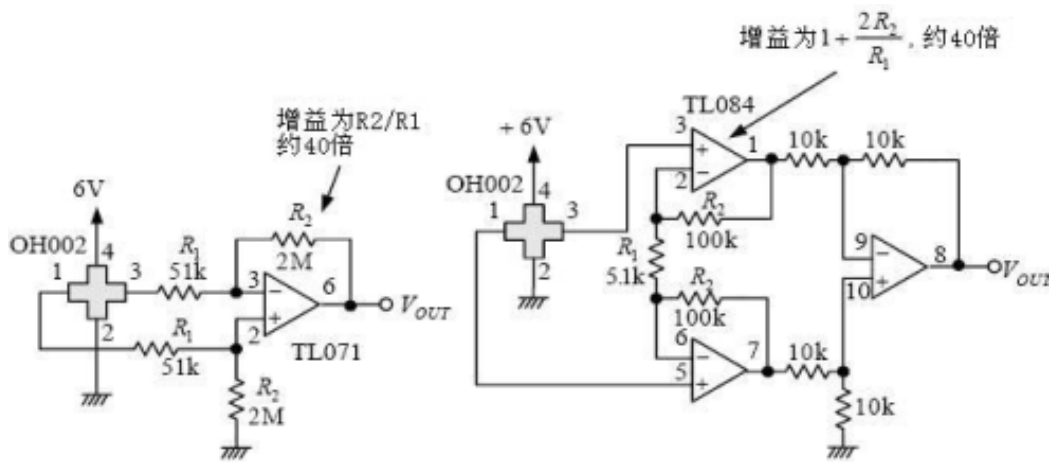


图 2 霍尔传感器的放大电路图

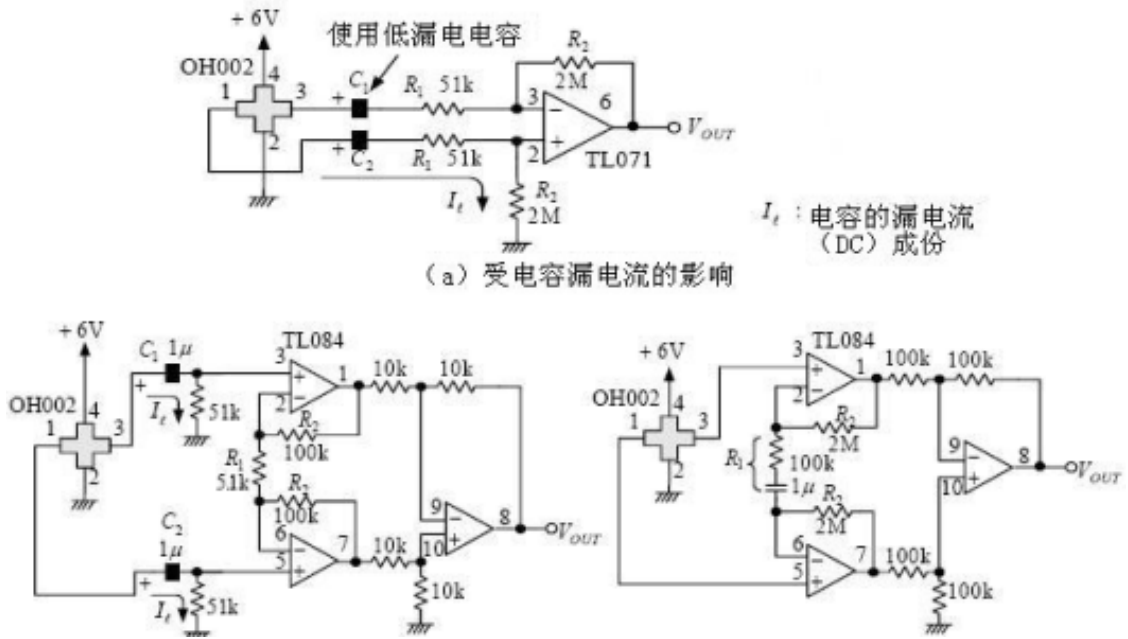


图3 霍尔传感器的输出用于 AC 电压的放大电路

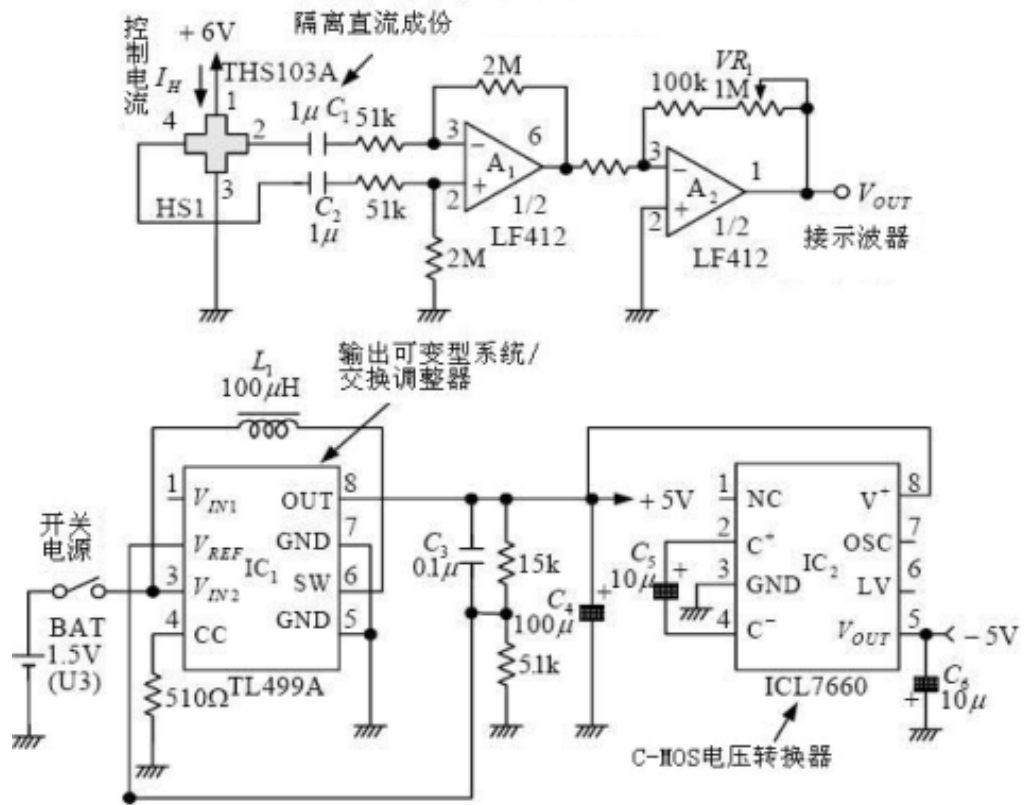


图4 测定变压器的漏磁通电路

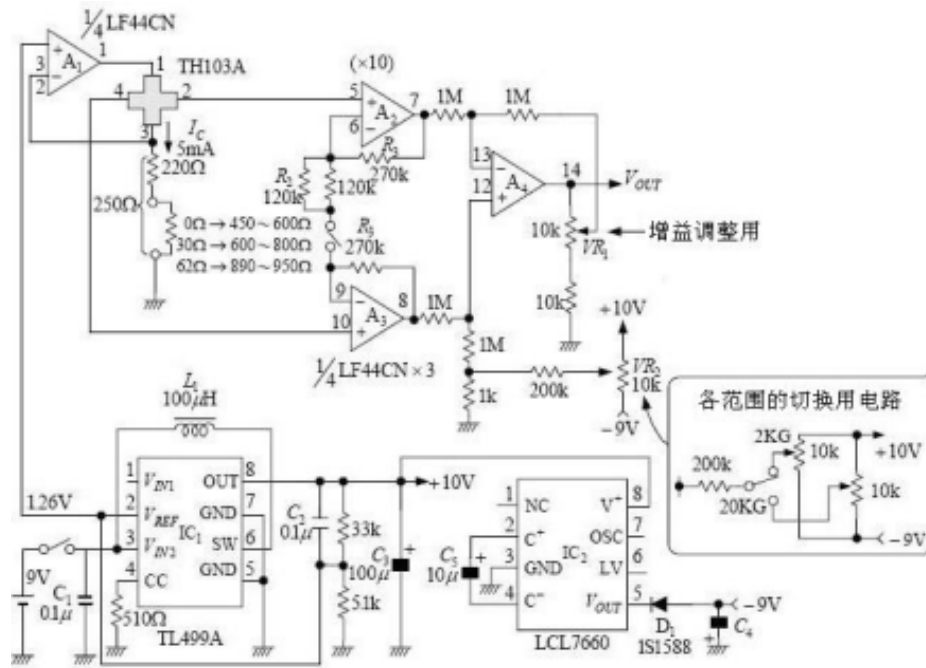


图 5 测定变压器的漏磁通电路

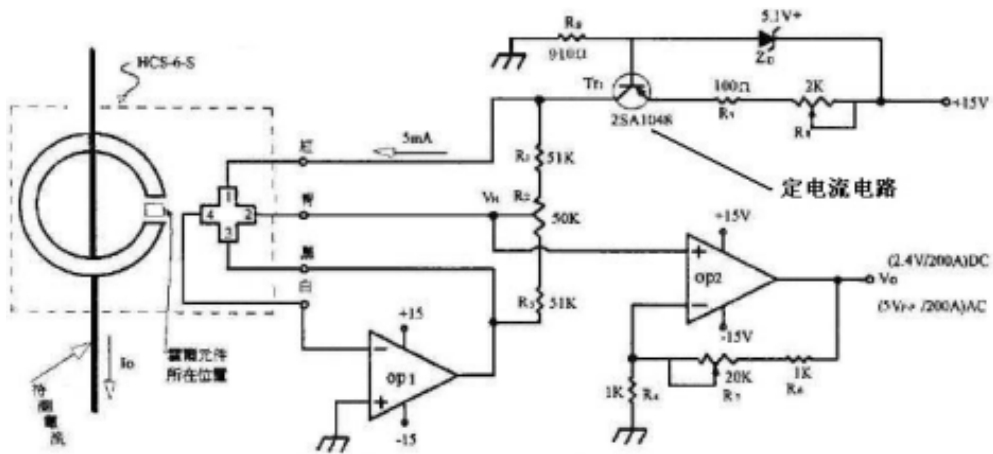


图 6 霍尔元件非接触型电流传感器测量电路

1.7 常用封装收集

1. SOP 封装

SOP: 一种元件封装形式



sop 封装示意图

由 1980 年代以前的通孔插装(PTH)型态, 主流产品为 DIP(Dual In-Line Package), 进展至 1980 年代以 SMT(Surface Mount Technology)技术衍生出的 SOP(Small Out-Line Package)、SOJ(Small Out-Line J-Lead)、PLCC(Plastic Leaded Chip Carrier)、QFP(Quad Flat Package)封装方式, 在 IC 功能及 I/O 脚数逐渐增加后, 1997 年 Intel 率先由 QFP 封装方式更新为 BGA(Ball Grid Array, 球脚数组矩阵)封装方式, 除此之外, 近期主流的封装方式有 CSP(Chip Scale Package 芯片级封装)及 Flip Chip(覆晶)。

SOP 封装的应用范围很广, 而且以后逐渐派生出 SOJ (J 型引脚小外形封装)、TSOP (薄小外形封装)、VSOP (甚小外形封装)、SSOP (缩小型 SOP)、TSSOP (薄的缩小型 SOP) 及 SOT (小外形晶体管)、SOIC (小外形集成电路) 等在集成电路中都起到了举足轻重的作用。像主板的频率发生器就是采用的 SOP 封装。

SOJ(Small Out-Line J-Lead)J 型引脚小外形封装



2. SSOP 芯片封装

SSOP(Shrink Small Outline Package)

窄间距小外型塑封



ssop 封装示意图

1968~1969 年菲为浦公司就开发出小外形封装 (SOP)。以后逐渐派生出 SOJ (J 型引脚小外形封装)、TSOP (薄小外形封装)、VSOP (甚小外形封装)、SSOP (缩小型 SOP)、TSSOP (薄的缩小型 SOP) 及 SOT (小外形晶体管)、SOIC (小外形集成电路) 等。

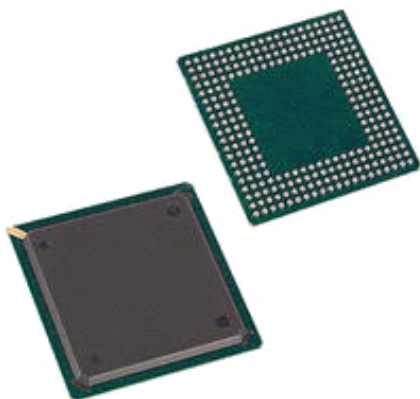
TSOP



到了上个世纪 80 年代, 内存第二代的封装技术 TSOP 出现, 得到了业界广泛的认可, 时至今日仍旧是内存封装的主流技术。TSOP 是“Thin Small Outline Package”的缩写, 意思是薄型小尺寸封装。TSOP 内存是在芯片的周围做出引脚, 采用 SMT 技术 (表面安装技术) 直接附着在 PCB 板的表面。TSOP 封装外形尺寸小, 寄生参数 (电流大幅度变化时, 引起输出电压扰动) 减小, 适合高频应用, 操作比较方便, 可靠性也比较高。同时 TSOP 封装具有成品率高, 价格便宜等优点, 因此得到了极为广泛的应用。

TSOP 封装方式中, 内存芯片是通过芯片引脚焊接在 PCB 板上的, 焊点和 PCB 板的接触面积较小, 使得芯片向 PCB 板传热就相对困难。而且 TSOP 封装方式的内存存在超过 150MHz 后, 会产生较大的信号干扰和电磁干扰。

3. BGA 封装



BGA 封装图示例

BGA 封装内存

BGA 封装(Ball Grid Array Package)的 I/O 端子以圆形或柱状焊点按阵列形式分布在封装下面, BGA 技术的优点是 I/O 引脚数虽然增加了, 但引脚间距并没有减小反而增加了, 从而提高了组装成品率; 虽然它的功耗增加, 但 BGA 能用可控塌陷芯片法焊接, 从而可以改善它的电热性能; 厚度和重量都较以前的封装技术有所减少; 寄生参数减小, 信号传输延迟小, 使用频率大大提高; 组装可用共面焊接, 可靠性高。

BGA 封装技术可详分为五大类:

1.PBGA (Plastic BGA) 基板: 一般为 2-4 层有机材料构成的多层板。Intel 系列 CPU 中, Pentium II、III、IV 处理器均采用这种封装形式。

2.CBGA (Ceramic BGA) 基板: 即陶瓷基板, 芯片与基板间的电气连接通常采用倒装芯片 (FlipChip, 简称 FC) 的安装方式。Intel 系列 CPU 中, Pentium I、II、Pentium Pro 处理器均采用过这种封装形式。

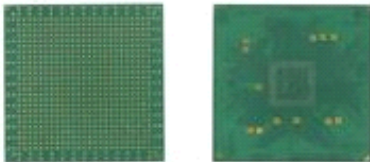
3.FCBGA (FlipChip BGA) 基板: 硬质多层基板。

4.TBGA (Tape BGA) 基板: 基板为带状软质的 1-2 层 PCB 电路板。

5.CDPBGA (Carity Down PBGA) 基板: 指封装中央有方型低陷的芯片区 (又称空腔区)。

说到 BGA 封装就不能不提 Kingmax 公司的专利 TinyBGA 技术, TinyBGA 英文全称为 Tiny Ball Grid Array (小型球栅阵列封装), 属于是 BGA 封装技术的一个分支。是 Kingmax 公司于 1998 年 8 月开发成功的, 其芯片面积与封装面积之比不小于 1:1.14, 可以使内存在体积不变的情况下内存容量提高 2~3 倍, 与 TSOP 封装产品相比, 其具有更小的体积、更好的散热性能和电性能。

4. FBGA 封装



FBGA 封装

Fine-Pitch Ball Grid Array: 细间距球栅阵列

FBGA (通常称作 CSP) 是一种在底部有焊球的面阵引脚结构, 使封装所需的安装面积接近于芯片尺寸。

BGA 是英文 Ball Grid Array Package 的缩写, 即球栅阵列封装。

采用 BGA 技术封装的内存, 可以使内存在体积不变的情况下内存容量提高两到三倍, BGA 与 TSOP 相比, 具有更小的体积, 更好的散热性能和电性能。BGA 封装技术使每平方英寸的存储量有了很大提升, 采用 BGA 封装技术的内存产品在相同容量下, 体积只有 TSOP 封装的三分之一; 另外, 与传统 TSOP 封装方式相比, BGA 封装方式有更加快速和有效的散热途径。

BGA 发展来的 CSP 封装技术正在逐渐展现它生力军本色, 金士顿、勤茂科技等领先内存制造商已经推出了采用 CSP 封装技术的内存产品。CSP, 全称为 Chip Scale Package, 即芯片尺寸封装的意思。作为新一代的芯片封装技术, 在 BGA、TSOP 的基础上, CSP 的性能又有了革命性的提升。CSP 封装可以让芯片面积与封装面积之比超过 1: 1.14, 已经相当

接近 1:1 的理想情况, 绝对尺寸也仅有 32 平方毫米, 约为普通的 BGA 的 1/3, 仅仅相当于 TSOP 内存芯片面积的 1/6。这样在相同体积下, 内存条可以装入更多的芯片, 从而增大单条容量。也就是说, 与 BGA 封装相比, 同等空间下 CSP 封装可以将存储容量提高三倍, 图 4 展示了三种封装技术内存芯片的比较, 从中我们可以清楚的看到内存芯片封装技术正向着更小的体积方向发展。CSP 封装内存不但体积小, 同时也更薄, 其金属基板到散热体的最有效散热路径仅有 0.2mm, 大大提高了内存芯片在长时间运行后的可靠性, 线路阻抗显著减小, 芯片速度也随之得到大幅度的提高。CSP 封装的电气性能和可靠性也相比 BGA、TOSP 有相当大的提高。在相同的芯片面积下 CSP 所能达到的引脚数明显的要比 TSOP、BGA 引脚数多的多 (TSOP 最多 304 根, BGA 以 600 根为限, CSP 原则上可以制造 1000 根), 这样它可支持 I/O 端口的数目就增加了很多。此外, CSP 封装内存芯片的中心引脚形式有效的缩短了信号的传导距离, 其衰减随之减少, 芯片的抗干扰、抗噪性能也能得到大幅提升, 这也使得 CSP 的存取时间比 BGA 改善 15%—20%。在 CSP 的封装方式中, 内存颗粒是通过一个个锡球焊接在 PCB 板上, 由于焊点和 PCB 板的接触面积较大, 所以内存芯片在运行中所产生的热量可以很容易地传导到 PCB 板上并散发出去; 而传统的 TSOP 封装方式中, 内存芯片是通过芯片引脚焊在 PCB 板上的, 焊点和 PCB 板的接触面积较小, 使得芯片向 PCB 板传热就相对困难。CSP 封装可以从背面散热, 且热效率良好, CSP 的热阻为 35°C/W, 而 TSOP 热阻 40°C/W。测试结果显示, 运用 CSP 封装的内存可使传导到 PCB 板上的热量高达 88.4%, 而 TSOP 内存中传导到 PCB 板上的热量能为 71.3%。另外由于 CSP 芯片结构紧凑, 电路冗余度低, 因此它也省去了很多不必要的电功率消耗, 致使芯片耗电量和温度相对降低。目前内存颗粒厂在制造 DDR333 和 DDR400 内存的时候均采用 0.175 微米制造工艺, 良品率比较低。而如果将制造工艺提升到 0.15 甚至 0.13 微米的话, 良品率将大大提高。而要达到这种工艺水平, 采用 CSP 封装方式则是不可避免的。因此 CSP 封装的高性能内存是大势所趋。

这种高密度、小巧、扁薄的封装技术非常适宜用于设计小巧的手持式消费类电子装置, 如个人信息工具、手机、摄录一体机、以及数码相机

5. DIP 封装



DIP 封装 (Dual In-line Package), 也叫双列直插式封装技术, 双入线封装, DRAM 的一种元件封装形式。指采用双列直插形式封装的集成电路芯片, 绝大多数中小规模集成电路均采用这种封装形式, 其引脚数一般不超过 100。DIP 封装的 CPU 芯片有两排引脚, 需要插入到具有 DIP 结构的芯片插座上。当然, 也可以直接插在具有相同焊孔数和几何排列的电路板上进行焊接。DIP 封装的芯片在从芯片插座上插拔时应特别小心, 以免损坏管脚。DIP 封装结构形式有: 多层陶瓷双列直插式 DIP, 单层陶瓷双列直插式 DIP, 引线框架式 DIP (含玻璃陶瓷封接式, 塑料包封结构式, 陶瓷低熔玻璃封装式) 等。

6. QFP 封装



这种技术的中文含义叫方型扁平式封装技术 (Plastic Quad Flat Package), 该技术实现的 CPU 芯片引脚之间距离很小, 管脚很细, 一般大规模或超大规模集成电路采用这种封装形式, 其引脚数一般都在 100 以上。该技术封装 CPU 时操作方便, 可靠性高; 而且其封装外形尺寸较小, 寄生参数减小, 适合高频应用; 该技术主要适合用 SMT 表面安装技术在 PCB 上安装布线。

QFP (Quad Flat Package) 为四侧引脚扁平封装, 是表面贴装型封装之一, 引脚从四个侧面引出呈海鸥翼(L)型。基材有陶瓷、金属和塑料三种。从数量上看, 塑料封装占绝大部分。当没有特别表示出材料时, 多数情况为塑料 QFP。塑料 QFP 是最普及的多引脚 LSI 封装。不仅用于微处理器, 门阵列等数字逻辑 LSI 电路, 而且也用于 VTR 信号处理、音响信号处理等模拟 LSI 电路。引脚中心距有 1.0mm、0.8mm、0.65mm、0.5mm、0.4mm、0.3mm 等多种规格。0.65mm 中心距规格中最多引脚数为 304。

7. LQFP 封装

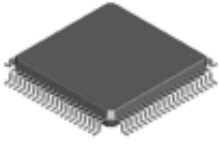


LQFP 也就是薄型 QFP (Low-profile Quad Flat Package) 指封装本体厚度为 1.4mm 的 QFP, 是日本电子机械工业会根据制定的新 QFP 外形规格所用的名称。

下面介绍下 QFP 封装:

这种技术的中文含义叫方型扁平式封装技术 (Plastic Quad Flat Package), 该技术实现的 CPU 芯片引脚之间距离很小, 管脚很细, 一般大规模或超大规模集成电路采用这种封装形式, 其引脚数一般都在 100 以上。该技术封装 CPU 时操作方便, 可靠性高; 而且其封装外形尺寸较小, 寄生参数减小, 适合高频应用; 该技术主要适合用 SMT 表面安装技术在 PCB 上安装布线。

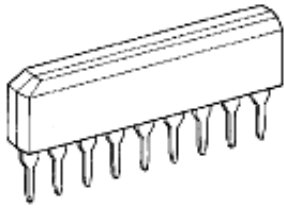
8. PQFP 封装



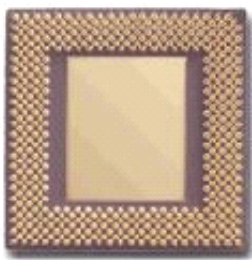
PQFP:

(Plastic Quad Flat Package, 塑料方块平面封装)一种芯片封装形式。

单列直插式封装 (SIP)



单列直插式封装 (SIP) 引脚从封装一个侧面引出, 排列成一条直线。通常, 它们是通孔式的, 管脚插入印刷电路板的金属孔内。当装配到印刷基板上时封装呈侧立状。这种形式的一种变化是锯齿型单列式封装 (ZIP), 它的管脚仍是从封装体的一边伸出, 但排列成锯齿型。这样, 在一个给定的长度范围内, 提高了管脚密度。引脚中心距通常为 2.54mm, 引脚数从 2 至 23, 多数为定制产品。封装的形状各异。也有 的把形状与 ZIP 相同的封装称为 SIP。SIP 封装并 无一定型态, 就芯片的排列方式而言, SIP 可为多芯片模块 (Multi-chip Module; MCM) 的平面式 2D 封装, 也可再利用 3D 封装的结构, 以有效缩减封装面积; 而其内部接合技术可以是单纯的打线接合 (Wire Bonding), 亦可使用覆晶接合 (Flip Chip), 但也可二者混用。除了 2D 与 3D 的封装结构外, 另一种以多功能性基板整合组件的方式, 也可纳入 SIP 的涵盖范围。此技术主要是将不同组件内藏于多功能基板中, 亦可视为是 SIP 的概念, 达到功能整合的目的。



9. PGA 封装

PGA: (Pin-Grid Array, 引脚网格阵列) 一种芯片封装形式, 缺点是耗电量大。

阵列引脚封装。插装型封装之一, 其底面的垂直引脚呈阵列状排列。封装基材基本上都采

用多层陶瓷基板。在未专门表示出材料名称的情况下, 多数为陶瓷 PGA, 用于高速大

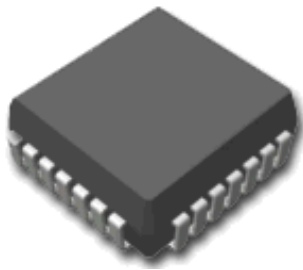
规模逻辑

LSI 电路。成本较高。引脚中心距通常为 2.54mm，引脚数从 64 到 447 左右。

为了降低成本，封装基材可用玻璃环氧树脂印刷基板代替。也有 64~256 引脚的塑料 PGA。

另外，还有一种引脚中心距为 1.27mm 的短引脚表面贴装型 PGA(碰焊 PGA)。

10. PLCC 封装



PLCC 为特殊引脚芯片封装，它是贴片封装的一种，这种封装的引脚在芯片底部向内弯曲，因此在芯片的俯视图中是看不见芯片引脚的。这种芯片的焊接采用回流焊工艺，需要专用的焊接设备，在调试是要取下芯片也很麻烦，现在已经很少用了。

PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier)，带引线的塑料芯片载体。表面贴装型封装之一，外形呈正方形，32 脚封装，引脚从封装的四个侧面引出，呈丁字形，是塑料制品，外形尺寸比 DIP 封装小得多。PLCC 封装适合用 SMT 表面安装技术在 PCB 上安装布线，具有外形尺寸小、可靠性高的优点。

11. protel 元件封装介绍

电阻 AXIAL0.3 0.4

三极管 TO-92A B

电容 RAD0.1 0.2

发光二极管 DZODE0.1

单排针 SIP+脚数

双排针 DIP+脚数

电解电容 RB.1 .2 }

电阻 AXIAL

无极性电容 RAD

电解电容 RB-

电位器 VR

二极管 DIODE

三极管 TO

电源稳压块 78 和 79 系列 TO-126H 和 TO-126V

场效应管 和三极管一样

整流桥 D-44 D-37 D-46

单排多针插座 CON SIP

双列直插元件 DIP

晶振 XTAL1

电阻: RES1, RES2, RES3, RES4; 封装属性为 axial 系列

无极性电容: cap;封装属性为 RAD-0.1 到 rad-0.4

电解电容: electroi;封装属性为 rb.2/.4 到 rb.5/1.0

电位器: pot1,pot2; 封装属性为 vr-1 到 vr-5

二极管: 封装属性为 diode-0.4(小功率) diode-0.7(大功率)

三极管: 常见的封装属性为 to-18 (普通三极管) to-22(大功率三极管) to-3(大功率达林顿管)

电源稳压块有 78 和 79 系列; 78 系列如 7805, 7812, 7820 等

79 系列有 7905, 7912, 7920 等

常见的封装属性有 to126h 和 to126v

整流桥: BRIDGE1,BRIDGE2: 封装属性为 D 系列 (D-44, D-37, D-46)

电阻: AXIAL0.3-AXIAL0.7 其中 0.4-0.7 指电阻的长度, 一般用 AXIAL0.4

瓷片电容: RAD0.1-RAD0.3。 其中 0.1-0.3 指电容大小, 一般用 RAD0.1

电解电容: RB.1/.2-RB.4/.8 其中.1/.2-.4/.8 指电容大小。一般<100uF 用

RB.1/.2,100uF-470uF 用 RB.2/.4,>470uF 用 RB.3/.6

二极管: DIODE0.4-DIODE0.7 其中 0.4-0.7 指二极管长短, 一般用 DIODE0.4

发光二极管: RB.1/.2

集成块: DIP8-DIP40, 其中 8-40 指有多少脚, 8 脚的就是 DIP8

贴片电阻

0603 表示的是封装尺寸 与具体阻值没有关系

但封装尺寸与功率有关 通常来说

0201 1/20W

0402 1/16W

0603 1/10W

0805 1/8W

1206 1/4W

电阻外形尺寸与封装的对应关系是:

0402=1.0x0.5

0603=1.6x0.8

0805=2.0x1.2

1206=3.2x1.6

1210=3.2x2.5

1812=4.5x3.2

2225=5.6x6.5

零件封装是指实际零件焊接到电路板时所指示的外观和焊点的位置。是纯粹的空间概念因此不同的元件可共用同一零件封装, 同种元件也可有不同的零件封装。像电阻, 有传统的针插式, 这种元件体积较大, 电路板必须钻孔才能安置元件, 完成钻孔后, 插入元件, 再过锡炉或喷锡 (也可手焊), 成本较高, 较新的设计都是采用体积小的表面贴片式元件 (SMD) 这种元件不必钻孔, 用钢膜将半熔状锡膏倒入电路板, 再把 SMD 元件放上, 即可焊接在电路板

上了。

关于零件封装我们在前面说过，除了 **DEVICE.LIB** 库中的元件外，其它库的元件都已经有了固定的元件封装，这是因为这个库中的元件都有多种形式：以晶体管为例说明一下：

晶体管是我们常用的元件之一，在 **DEVICE.LIB** 库中，简简单单的只有 **NPN** 与 **PNP** 之分，但实际上，如果它是 **NPN** 的 **2N3055** 那它有可能是铁壳子的 **TO-3**，如果它是 **NPN** 的 **2N3054**，则有可能是铁壳的 **TO-66** 或 **TO-5**，而学用的 **CS9013**，有 **TO-92A**，**TO-92B**，还有 **TO-5**，**TO-46**，**TO-52** 等等，千变万化。

还有一个就是电阻，在 **DEVICE** 库中，它也是简单地把它们称为 **RES1** 和 **RES2**，不管它是 **100Ω** 还是 **470KΩ** 都一样，对电路板而言，它与欧姆数根本不相关，完全是按该电阻的功率数来决定的我们选用的 **1/4W** 和甚至 **1/2W** 的电阻，都可以用 **AXIAL0.3** 元件封装，而功率数大一点的话，可用 **AXIAL0.4**、**AXIAL0.5** 等等。现将常用的元件封装整理如下：

电阻类及无极性双端元件 **AXIAL0.3-AXIAL1.0**

无极性电容 **RAD0.1-RAD0.4**

有极性电容 **RB.2/.4-RB.5/1.0**

二极管 **DIODE0.4** 及 **DIODE0.7**

石英晶体振荡器 **XTAL1**

晶体管、FET、UJT **TO-xxx(TO-3,TO-5)**

可变电阻 (**POT1、POT2**) **VR1-VR5**

当然，我们也可以打开 **C:\Client98\PCB98\library\advpcb.lib** 库来查找所用零件的对应封装。

这些常用的元件封装，大家最好能把它背下来，这些元件封装，大家可以把它拆分成两部分来记如电阻 **AXIAL0.3** 可拆成 **AXIAL** 和 **0.3**，**AXIAL** 翻译成中文就是轴状的，**0.3** 则是该电阻在印刷电路板上的焊盘间的距离也就是 **300mil**（因为在电机领域里，是以英制单位为主的。同样的，对于无极性的电容，**RAD0.1-RAD0.4** 也是一样；对有极性的电容如电解电容，其封装为 **RB.2/.4**，**RB.3/.6** 等，其中“.2”为焊盘间距，“.4”为电容圆筒的外径。

对于晶体管，那就直接看它的外形及功率，大功率的晶体管，就用 **TO-3**，中功率的晶体管，如果是扁平的，就用 **TO-220**，如果是金属壳的，就用 **TO-66**，小功率的晶体管，就用 **TO-5**，**TO-46**，**TO-92A** 等都可以，反正它的管脚也长，弯一下也可以。

对于常用的集成 **IC** 电路，有 **DIPxx**，就是双列直插的元件封装，**DIP8** 就是双排，每排有 4 个引脚，两排间距离是 **300mil**，焊盘间的距离是 **100mil**。**SIPxx** 就是单排的封装。等等。

值得我们注意的是晶体管与可变电阻，它们的包装才是最令人头痛的，同样的包装，其管脚可不一定一样。例如，对于 **TO-92B** 之类的包装，通常是 1 脚为 **E**（发射极），而 2 脚有可能是 **B** 极（基极），也可能是 **C**（集电极）；同样的，3 脚有可能是 **C**，也有可能是 **B**，具体是那个，只有拿到了元件才能确定。因此，电路软件不敢硬性定义焊盘名称（管脚名称），同样的，场效应管，**MOS** 管也可以用跟晶体管一样的封装，它可以通用于三个引脚的元件。

Q1-B，在 **PCB** 里，加载这种网络表的时候，就会找不到节点（对不上）。

在可变电阻上也同样会出现类似的问题；在原理图中，可变电阻的管脚分别为 **1**、**W**、及 **2**，所产生的网络表，就是 **1**、**2** 和 **W**，在 **PCB** 电路板中，焊盘就是 **1**，**2**，**3**。当电路中有这两种元件时，就要修改 **PCB** 与 **SCH** 之间的差异最快的方法是在产生网络表后，直接在网络表中，将晶体管管脚改为 **1**，**2**，**3**；将可变电阻的改成与电路板元件外形一样的 **1**，**2**，**3** 即可。

2. 电路分析

目前已调试成功的电路有

(1) 电源电路:

24V——VCC

15V——VCC

-15V——VEE

5V——VDD

3.3V——VDD

(2) I/V 电路

(3) V/I 电路

(4) JTAG 仿真调试电路

(5) 复位电路

(6) 晶振电路

(7) D/A 转换电路 (AD421 数模转换器+4-20mA 输出)

未完成电路:

(1) 阀位反馈电路

(2) A/D 转换电路 (MAX197)

(3) 液晶显示电路 (OK)

(4) 按键电路 (OK)

(5) 压电阀功率驱动电路

电路方案选择

2.1 A/D 转换电路

本课题智能定位器的设计对 A/D 的要求采样周期是 $T < 20\text{ms}$ 。由于压电阀片的响应时间为 2ms ，所以定位器的 PWM 输出周期 T 的 1% 的时间必须大于压电片的响应时间，否则压电片响应不过来，即 PWM 周期 T 应大于 200ms 。而程序设计中为每采样 10 个数据，进行一次滤波处理，输出相应的 PWM 占空比。即采样周期的应小于 20ms 。在选择 A/D 转换器时，应考虑 A/D 转换器的转换时间必须小于采样周期。(本课题定位器对 ADC 转换时间的要求)。

国内外的智能阀门定位器的精度要求大致为 0.5% 以上，所以 10 位的 A/D 转换器不能满足课题设计的需求，因此本课题采用外扩的 12 位逐次逼近式 A/D 转换器。(本课题对 ADC 精度的要求)。

本课题中有两路模拟信号输入，一路为阀位设定信号 SV，一路为实际的阀位反馈信号 PV。在 AD 公司官方网站选择 AD 转换器的过程中，我们可以发现不同的转换速度价位有些差距，ADC 的精度不同价位也不同。下图为 AD 公司 12 位 ADC 产品列表。图中的第四列 100KSPS 表示：ADC 每秒采样 100K 次。即采样周期为： 10ms 满足本课题要求 (本课题要求 ADC 的采样周期应小于 20ms)。

All ADCs

APPLY FILTERS TO THIS TABLE

Part#	Resolution (Bits)	T-Put Rate	Full Pwr BW	# Chan	Ain Range	Supply V	Pwr Diss	Operating Temp Range	Pkg Type	Price* (1000 pcs.)
AD7156	12	100SPS	n/a	2	0.5 pF; 1 pF; 2 pF; 4 pF	+1.8(Dig); Single(+1.8 to +3.6)	306µW	-40 to +85	CSP	\$1.25
AD7151	12	100SPS	n/a	1	0.5 pF; 1 pF; 2 pF; 4 pF	Single(+2.7 to +3.6)	0.3mW	-40 to +85	SOP	\$1.37
AD7170	12	125SPS	n/a	1	2 V p-p	Single(+2.7 to +5.25)	675µW	-40 to +105	CSP	\$0.95
AD7150	12	200SPS	n/a	2	0.5 pF; 1 pF; 2 pF; 4 pF	Single(+2.7 to +3.6)	0.43mW	-40 to +85	SOP	\$1.37
AD7152	12	200SPS	n/a	2	±0.25 pF to ±2 pF Diff; 0.5 pF to 4 pF SE	Single(+2.7 to +3.6)	432µW	-40 to +85	SOP	\$1.97
AD7153	12	200SPS	n/a	1	±0.25 pF to ±2 pF Diff; 0.5 pF to 4 pF SE	Single(+2.7 to +3.6)	432µW	-40 to +85	SOP	\$1.77
AD7291	12	22.2kSPS	-	8	Uni (Vref)	Single(+3); Single(+3.3)	-	-40 to +125	CSP	**
AD7880	12	66kSPS	n/a	1	Bip (Vref); Uni (Vref); Uni (Vref) x 2	Single(+5)	37.5mW	-40 to +85	DIP; SOIC	\$16.03
AD7992	12	79kSPS	-	2	Uni (Vref); Uni Vdd	Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	-	-40 to +85	SOP	\$3.04

AD7992	12	79kSPS	-	2	Uni (Vref); Uni Vdd	Single(+3.3); Single(+5)	-	-40 to +85	SOP	\$3.04
AD7998	12	79kSPS	-	8	Uni (Vref)	Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	-	-25 to +85	SOP	\$3.54
AD7457	12	100kSPS	20MHz	1	(Vref) p-p	Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	3mW	-40 to +85	SOT	\$2.07
AD7853L	12	100kSPS	n/a	1	(Vref) p-p; Uni (Vref)	Single(+3.3); Single(+5)	33mW	-40 to +85	DIP; SOIC; SOP	\$6.50
AD7854L	12	100kSPS	n/a	1	(Vref) p-p	Single(+3.3); Single(+5)	10mW	-55 to +125	DIP; SOIC; SOP	\$6.02
AD7858L	12	100kSPS	n/a	8	(Vref) p-p; Uni (Vref)	Single(+3.3); Single(+5)	10.5mW	-40 to +85	DIP; SOIC; SOP	\$7.01
AD7859L	12	100kSPS	n/a	8	(Vref) p-p; Uni (Vref)	Single(+3.3); Single(+5)	10mW	-25 to +85	QFP	\$6.88
AD7896	12	100kSPS	n/a	1	Uni Vdd	Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	10.8mW	-55 to +125	DIP; SOIC	\$4.07
AD7889	12	105kSPS	n/a	6	Uni Vdd	Single(+1.6 to +3.6V)	2.3mW	-40 to +85	WLCSP	\$1.69
AD7879	12	105kSPS	n/a	6	Uni Vdd	Single(+1.6 to +3.6V)	2.3mW	-40 to +85	CSP; WLCSP	\$1.69
AD7890	12	117kSPS	n/a	8	Bip 10V; Uni 2.5V; Uni 4.096V	Single(+5)	50mW	-55 to +125	DIP; SOIC	\$10.32

AD7890	12	117kSPS	n/a	8	Uni Vdd	Single(+5)	50mW	-55 to +125	DIP; SOIC	\$10.32
AD7893	12	117kSPS	n/a	1	Bip (Vref); Bip (Vref) x 4; Bip 10V; Bip 2.5V; Uni (Vref); Uni (Vref) x 2; Uni 2.5V; Uni 5.0V	Single(+5)	45mW	-55 to +125	DIP; SOIC	\$10.02
AD7843	12	125kSPS	n/a	4	Uni (Vref)	Single(+3); Single(+3.3)	1.4mW	-40 to +85	SOP	\$1.16
AD7873	12	125kSPS	n/a	6	Uni (Vref); Uni 2.5V	Single(+3); Single(+3.3)	1.4mW	-40 to +85	CSP; SOP	\$1.95
AD7877	12	125kSPS	n/a	9	Uni (Vref); Uni 2.5V	Single(+3); Single(+3.3)	3.2mW	-40 to +85	CSP	\$2.15
AD7887	12	125kSPS	2.5MHz	2	Uni (Vref)	Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	3.5mW	-40 to +125	SOIC; SOP	\$3.09
AD7888	12	125kSPS	2.5MHz	8	Uni (Vref); Uni 2.5V	Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	3.5mW	-40 to +105	SOIC; SOP	\$3.90
AD7991	12	140kSPS	3.4MHz	4	Uni (Vref); Uni Vdd	Single(+2.7 to +5.25)	4.68mW	-40 to +125	SOT	\$3.22
AD7994	12	188kSPS	11MHz	4	Uni (Vref)	Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	6mW	-40 to +85	SOP	\$3.29

AD7895		12	192kSPS	n/a	1	Bip (Vref); Bip (Vref) x 4; Bip 10V; Bip 2.5V; Uni (Vref); Uni 2.5V	Single(+5)	20mW	-40 to +125	DIP; SOIC	\$5.01
AD7294	✓	12	200kSPS	-	9	(Vref) p-p; 2 V p-p; Uni (Vref); Uni (Vref) x 2	Multiple + Supplies	-	-	CSP	\$9.83
AD7466		12	200kSPS	3.2MHz	1	Uni (Vref)	Single(+1.8); Single(+2.5); Single(+3); Single(+3.3)	0.9mW	-40 to +85	SOP; SOT	\$2.38
AD7853B		12	200kSPS	n/a	1	(Vref) p-p; Uni (Vref)	Single(+3.3); Single(+5)	33mW	-40 to +85	DIP; SOIC	\$6.50
AD7854B		12	200kSPS	n/a	1	(Vref) p-p	Single(+3.3); Single(+5)	30mW	-55 to +125	DIP; SOIC; SOP	\$6.02
AD7858B		12	200kSPS	n/a	8	(Vref) p-p; Uni (Vref)	Single(+3.3); Single(+5)	33mW	-40 to +85	DIP; SOIC	\$7.01
AD7859B		12	200kSPS	n/a	8	(Vref) p-p; Uni (Vref)	Single(+3.3); Single(+5)	30mW	-25 to +85	LCC; QFP	\$6.88
AD7923		12	200kSPS	8.2MHz	4	Uni (Vref); Uni (Vref) x 2	Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	7.5mW	-40 to +85	SOP	\$2.58
AD7927		12	200kSPS	8.2MHz	8	Uni (Vref); Uni (Vref) x 2	Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	7.5mW	-40 to +85	SOP	\$2.83
AD7898		12	220kSPS	4.7MHz	1	Bip (Vref); Bip (Vref) x 4; Bip 10V; Bip 2.5V	Single(+5)	22.5mW	-40 to +85	SOIC	\$5.03
AD7658	✓	12	250kSPS	12MHz	6	Bip (Vref) x 2; Bip (Vref) x 4; Bip 10V; Bip 5.0V	Multi(±12, +5); Multi(±15, +5)	143mW	-40 to +85	QFP	\$10.73
AD7862		12	250kSPS	3MHz	4	Bip 10V; Bip 2.5V; Uni 2.5V	Single(+5)	75mW	-40 to +85	DIP; SOIC; SOP	\$11.13
AD7920		12	250kSPS	13.5MHz	1	Uni Vdd	Single(+2.5); Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	15mW	-40 to +85	SC70; SOP	\$2.07
AD7921		12	250kSPS	13.5MHz	2	Uni Vdd	Single(+2.5); Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	20mW	-40 to +85	SOP; SOT	\$2.33
AD7658-1		12	250kSPS	4.5MHz	6	10V p-p; 20 V p-p; Bip 10V; Bip 20V	(±15, +5An, +5Dig, +3Drv); (±15, +5An, +5Dig, +5Drv); (±5, +5An, +5Dig, +3Drv); (±5, +5An, +5Dig, +5Drv)	140mW	-40 to +125	QFP	\$11.60
AD7492-4		12	400kSPS	10MHz	1	Uni 2.5V	Single(+5)	15mW	-40 to +85	SOIC; SOP	\$6.97
AD7892-2		12	500kSPS	n/a	1	Uni 2.5V	Single(+5)	60mW	-40 to +85	DIP; SOIC	\$14.20
AD7262-5		12	500kSPS	1.7MHz	2	(2Vref) p-p; 5V p-p	(+5An, +5Dig, +3.0Drv); (-5An, +5Dig, +3.3Drv); (+5An, +5Dig, +5Drv); Single(+5)	175mW	-40 to +105	CSP; QFP	\$4.10
AD7366-5		12	500kSPS	35MHz	2	Bip 10V; Bip 5.0V; Uni 10V	Multi(±12, +5); Multi(±15, +5); Multi(±5, +5 logic)	54.5mW	-40 to +85	SOP	\$5.09

AD7891		12	500kSPS	n/a	8	Bip 10V; Bip 2.5V; Bip 5.0V; Uni 2.5V; Uni 5.0V	Single(+5)	100mW	-40 to +105	LCC; QFP	\$14.93
AD7892-1		12	500kSPS	n/a	1	Bip 10V; Bip 5.0V	Single(+5)	90mW	-40 to +85	DIP; SOIC	\$14.20
AD7864		12	520kSPS	3MHz	4	Bip 10V; Bip 2.5V; Bip 5.0V; Uni 2.5V; Uni 5.0V	Single(+5)	120mW	-40 to +85	QFP	\$13.81
AD7452		12	555kSPS	20MHz	1	(2Vref) p-p	Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	7.25mW	-40 to +85	SOT	\$2.99
AD7453		12	555kSPS	20MHz	1	(2Vref) p-p	Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	7.25mW	-40 to +85	SOT	\$2.99
AD7892-3		12	600kSPS	n/a	1	Bip 2.5V	Single(+5)	90mW	-40 to +85	DIP; SOIC	\$14.20
AD7934-6		12	625kSPS	-	4	Uni (Vref); Uni (Vref) x 2	Single(+2.5); Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	-	-40 to +85	SOP	\$4.66
AD7938-6		12	625kSPS	-	8	Uni (Vref); Uni (Vref) x 2	Single(+2.5); Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	-	-40 to +85	CSP; QFP	\$4.91

AD7938-6		12	625kSPS	-	8	Uni (Vref); Uni (Vref) x 2	Single(+2.5); Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	-	-40 to +85	CSP; QFP	\$4.91
AD5590		12	1MSPS	8.2MHz	16	(2Vref) p-p; (Vref) p-p; Uni (Vref); Uni (Vref) x 2; Uni 2.5V; Uni 5.0V	Single(+5)	42.3mW	-40 to +85	CSP	\$19.50
AD7262		12	1MSPS	1.7MHz	2	(2Vref) p-p; 5V p-p	(+5An, +5Dig, +3.0DnV); (+5An, +5Dig, +3.3DnV); (+5An, +5Dig, +5DnV); Single(+5)	120mW	-40 to +105	CSP; QFP	\$4.10
AD7265		12	1MSPS	33MHz	12	Uni (Vref); Uni (Vref) x 2	Single(+2.7 to +5.25)	21mW	-40 to +125	CSP; QFP	\$3.30
AD7366		12	1MSPS	35MHz	4	Bip (Vref) x 2; Bip (Vref) x 4; Bip 10V; Bip 5.0V; Uni (Vref) x 4; Uni 10V	Multi(±12, +5); Multi(±15, +5)	88.8mW	-40 to +85	SOP	\$5.99
AD7450		12	1MSPS	20MHz	1	(2Vref) p-p	Single(+3); Single(+5)	9mW	-40 to +85	SOIC; SOP	\$4.05

AD7495		12	1MSPS	8.3MHz	1	Uni 2.5V	Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	13mW	-40 to +85	SOIC; SOP	\$5.25
AD7866		12	1MSPS	12MHz	4	Uni (Vref); Uni (Vref) x 2; Uni 2.5V; Uni 5.0V	Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	24mW	-40 to +85	SOP	\$6.02
AD7922		12	1MSPS	13.5MHz	2	Uni Vdd	Single(+2.5); Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	15mW	-40 to +85	SOP; SOT	\$4.30
AD7924		12	1MSPS	8.2MHz	4	Uni (Vref); Uni (Vref) x 2	Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	13.5mW	-40 to +85	SOP	\$4.55
AD7928		12	1MSPS	8.2MHz	8	Uni (Vref); Uni (Vref) x 2	Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	13.5mW	-40 to +85	SOP	\$4.81
AD7492-5		12	1.25MSPS	10MHz	1	Uni 2.5V	Single(+5)	16.5mW	-40 to +85	SOIC; SOP	\$6.97
AD7472		12	1.5MSPS	20MHz	1	Uni (Vref)	Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	12mW	-40 to +85	SOIC; SOP	\$6.33
AD7934		12	1.5MSPS	20MHz	4	(2Vref) p-p; 5V p-p; Uni (Vref); Uni (Vref) x 2; Uni 2.5V; Uni 5.0V	Single(+3); Single(+3.3); Single(+5)	16mW	-40 to +85	SOP	\$7.19

Part# Results: 479	Resolution (Bits)	T-Put Rate	Full Pwr BW	# Chan	Ain Range	Supply V	Pwr Diss	Operating Temp Range	Pkg Type	Price* (1000 pcs.)
AD7402-4	12	400kSPS	10MHz	1	Uni 2.5V	Single(+5)	15mW	-40 to +85	SOIC, SOP	\$6.97
AD7892-2	12	500kSPS	n/a	1	Uni 2.5V	Single(+5)	60mW	-40 to +85	DIP, SOIC	\$14.20
AD7262-5	12	500kSPS	1.7MHz	2	(2Vref) p-p; 5V p-p	(+5An, +5Dig, +3.0Drv); (+5An, +5Dig, +3.3Drv); (+5An, +5Dig, +5Drv); Single(+5)	175mW	-40 to +105	CSP, QFP	\$4.10
AD7366-5	12	500kSPS	35MHz	2	Bip 10V; Bip 5.0V; Uni 10V	Multi(±12, +5); Multi(± 15, +5); Multi (±5, +5 logic)	54.5mW	-40 to +85	SOP	\$5.09
AD7891	12	500kSPS	n/a	8	Bip 10V; Bip 2.5V; Bip 5.0V; Uni 2.5V; Uni 5.0V	Single(+5)	100mW	-40 to +105	LCC, QFP	\$14.93
AD7892-1	12	500kSPS	n/a	1	Bip 10V; Bip 5.0V	Single(+5)	90mW	-40 to +85	DIP, SOIC	\$14.20
AD7864	12	520kSPS	3MHz	4	Bip 10V; Bip 2.5V; Bip 5.0V; Uni 2.5V; Uni 5.0V	Single(+5)	120mW	-40 to +85	QFP	\$13.81

2.2 压电阀功率驱动电路

本课题采用的压电阀型号为：HOERBIGER-ORIGA 压电开关阀 P20（图 3）由先导压电阀片 P9、开关功率放大器、微型减压阀和 30 μ m 的过滤器组成 2 位 3 通阀。

(1) 压电阀的技术参数

工作电压：24VDC

工作电流：<10 μ A

维持电流：0 μ A

压电片响应时间：<2mS

压电阀响应时间：<20mS（达到 10%或 90%的压力）

电 容：<100nF

工作气压：1.2-8.0Bar

流 量：130 L/Min （From 6 to 5 Bar）

工作温度：-30~+60 度

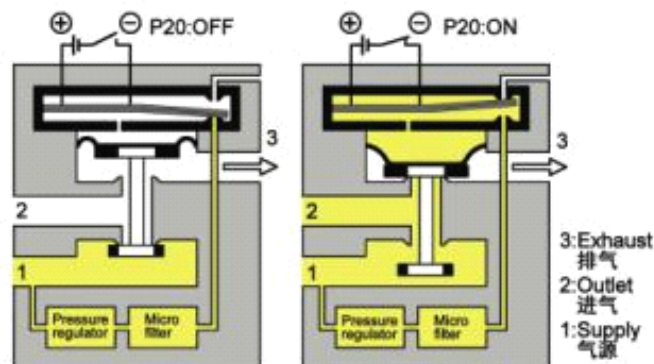


图 3 P20 工作原理示意图

不通电时压缩空气输入孔 1 封闭，输出孔 2 和大气孔 3 相通，输出气压为 0；通电时上层晶体收缩，下层晶体伸长，产生杠杆效应，使机械变形可扩大到几十微米，大气孔 3 封闭，

压缩空气由孔 1 流向孔 2, 产生输出气压信号, 压电片弯曲的程度随输入电压的大小变化而变化, 所以先导压电阀 P9 可作为开关或比例阀使用。电压压力输出曲线见图 2, 先导压电阀响应时间小于 2mS。

(2) I/P 控制电路设计

控制系统采用德国 HOERBIGER-ORIGA 公司先进的压电阀和气动放大器作为气压驱动装置, 压电阀片的响应时间小于 2ms, 压电气动放大器响应时间小于 20ms, 由此可见, 阀门可以达到很高的调节精度和较快的响应时间, 阀门一旦定位完成, 其耗气量可以忽略不计。压电阀工作电压是 24V。

方案 1: 采用 MAX629DC-DC 升压芯片将 3.3V 转 24V 电压。

这里选择低功耗升压芯片 MAX629, MAX629 是美国 MAX-IN 公司生产的, 其组成的升压 DC-DC 转换器输入电压很低, 输出电压可达 $\pm 28V$, 仅有 $80\mu A$ 的静态电流, 特别适合为低功耗、高电压设备供电, 升压电路如图 4 所示。

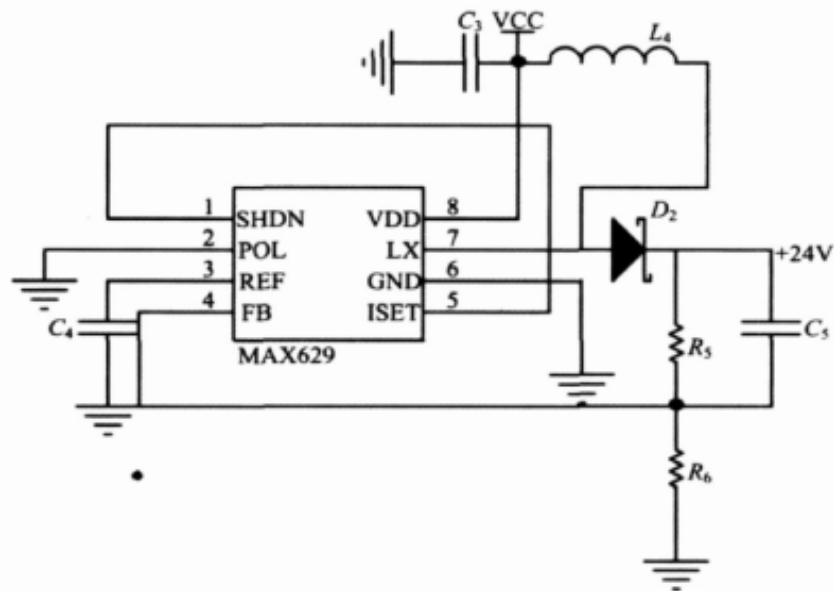


图: 3.3V 转 24V DC-DC

MAX629 工作电压: 2.7—5.5V

输入电压最小值为: 2.4V (小于此电压芯片不工作)

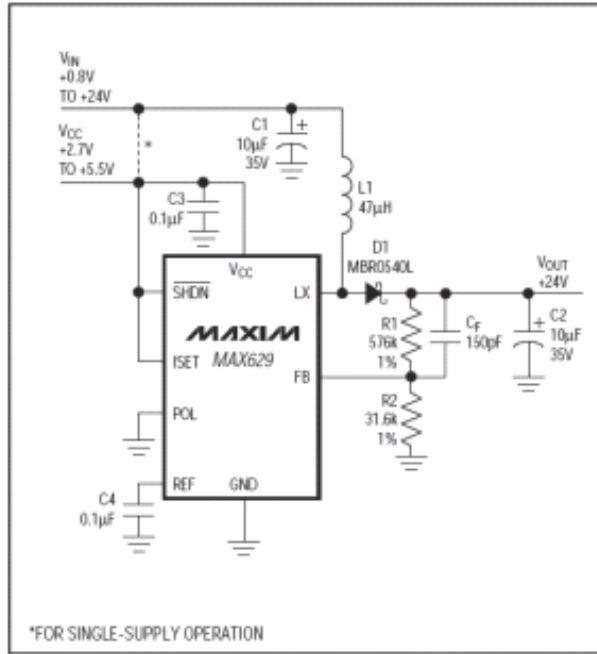


Figure 2. +24V for a Positive LCD Bias

方案 2:

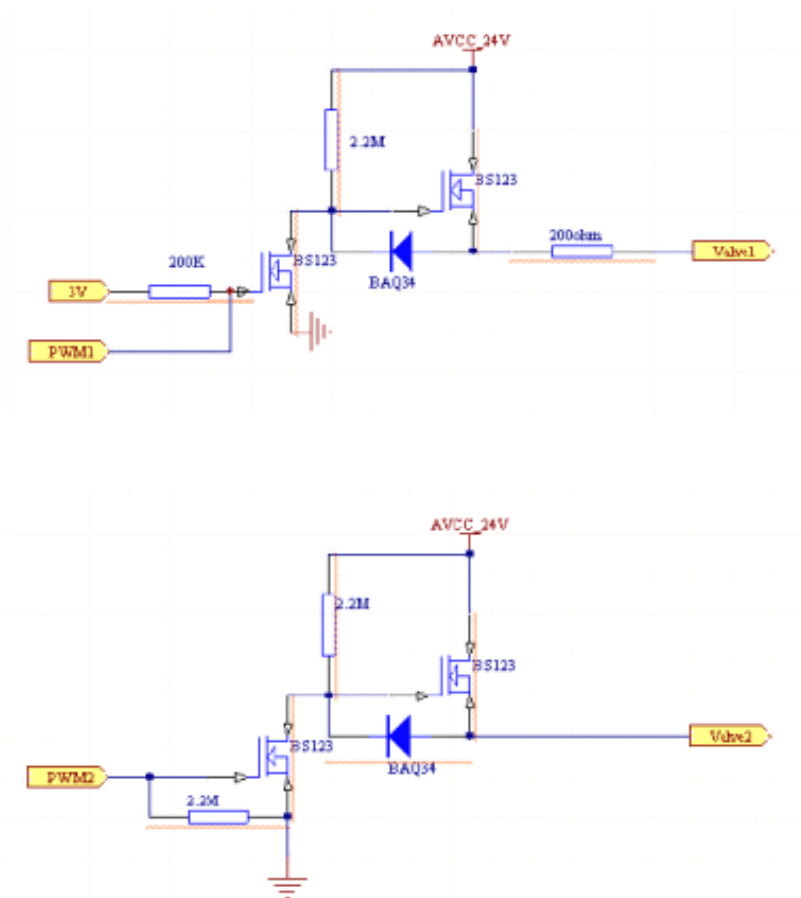


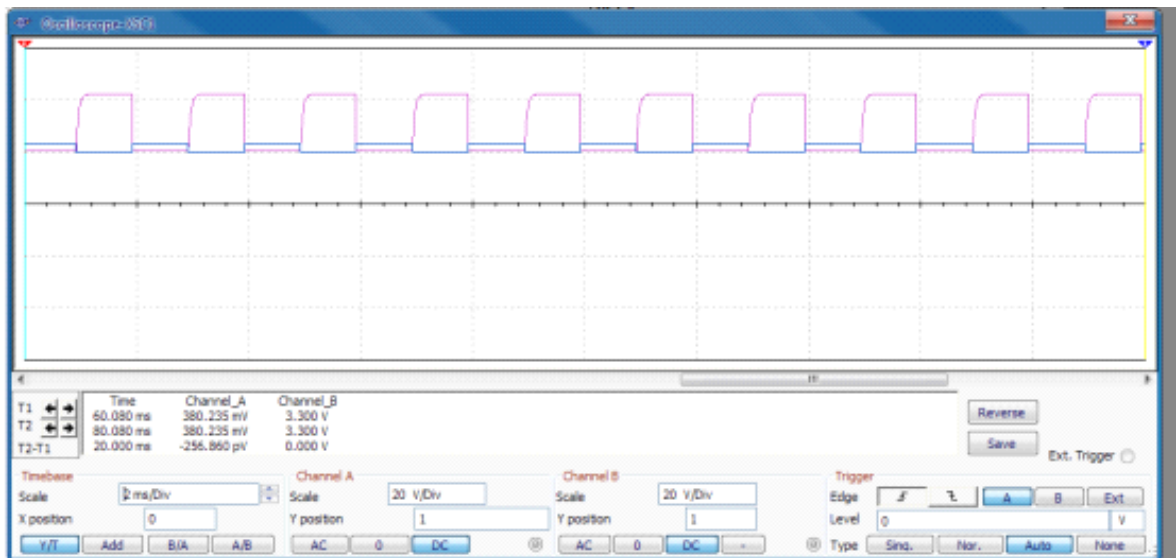
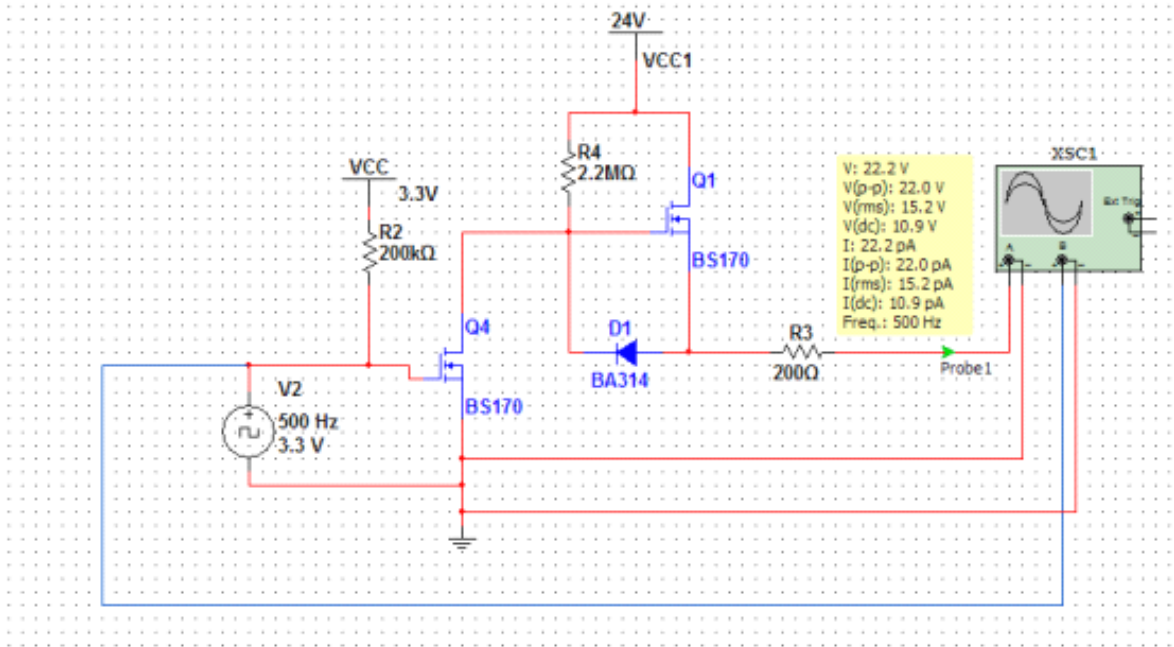
图 3-3 压电阀控制电路

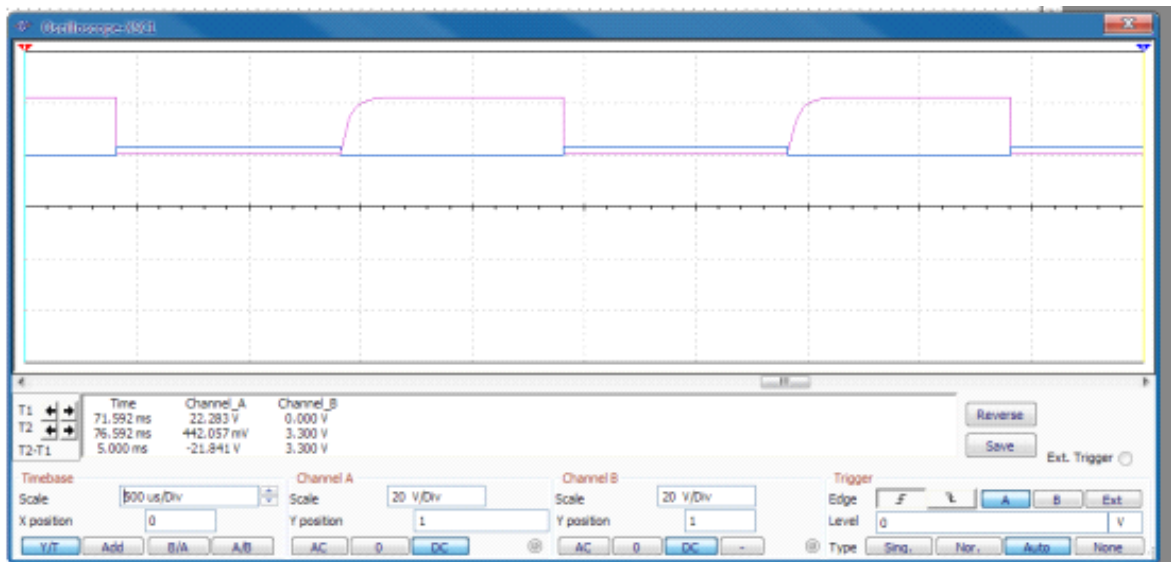
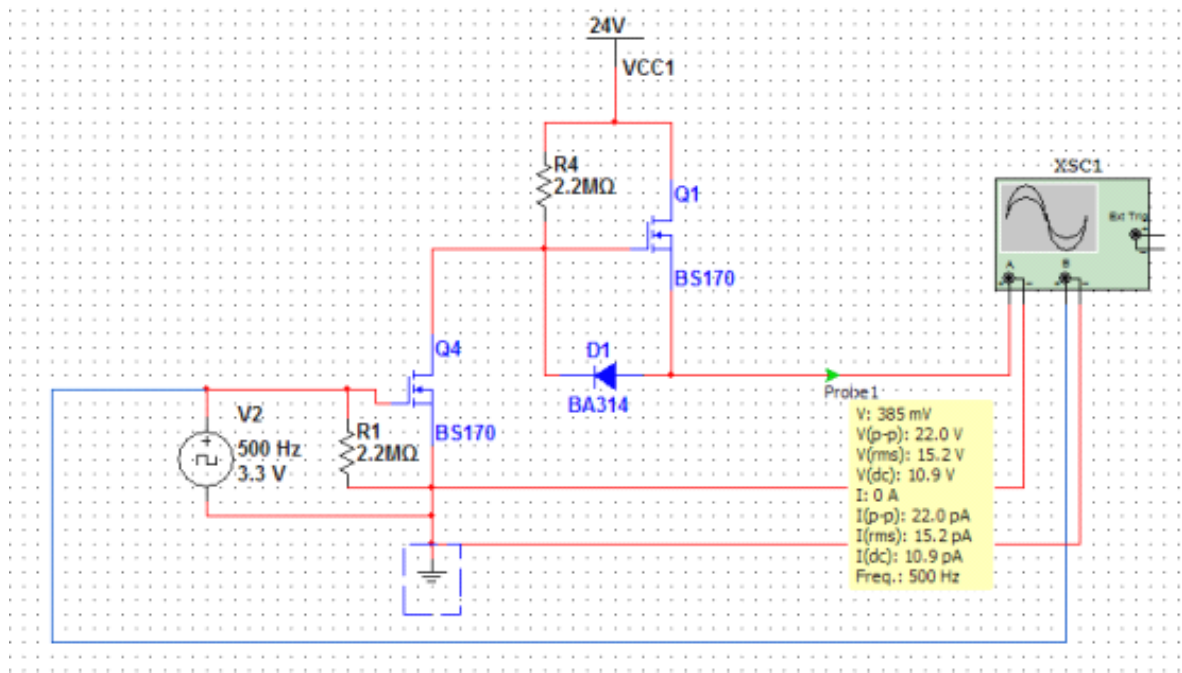
压电阀电路仿真:

(1) (R1: R1 扫描(R1 为 Q1 管的栅极电阻, 用以构成栅、源极间的直流通路, R1 不能太小, 否则影响放大电路的输入电阻, 其阻值约为 $200k\Omega - 10M\Omega$ (参: 秦曾煌 电工学 高等

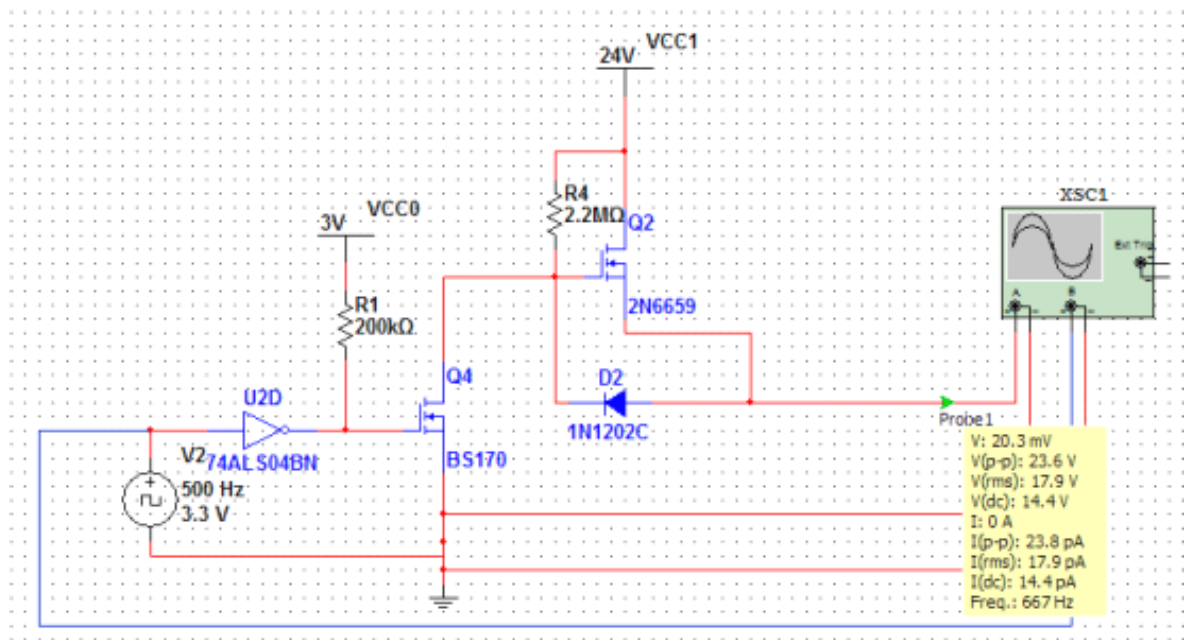
教育出版社)

(2) R2 扫描 (R2 为 Q1 管的漏极电阻, 它使放大电路具有电压放大功能, 其阻值一般为几千欧到几十千欧 (参: 秦曾煌 电工学 高等教育出版社)

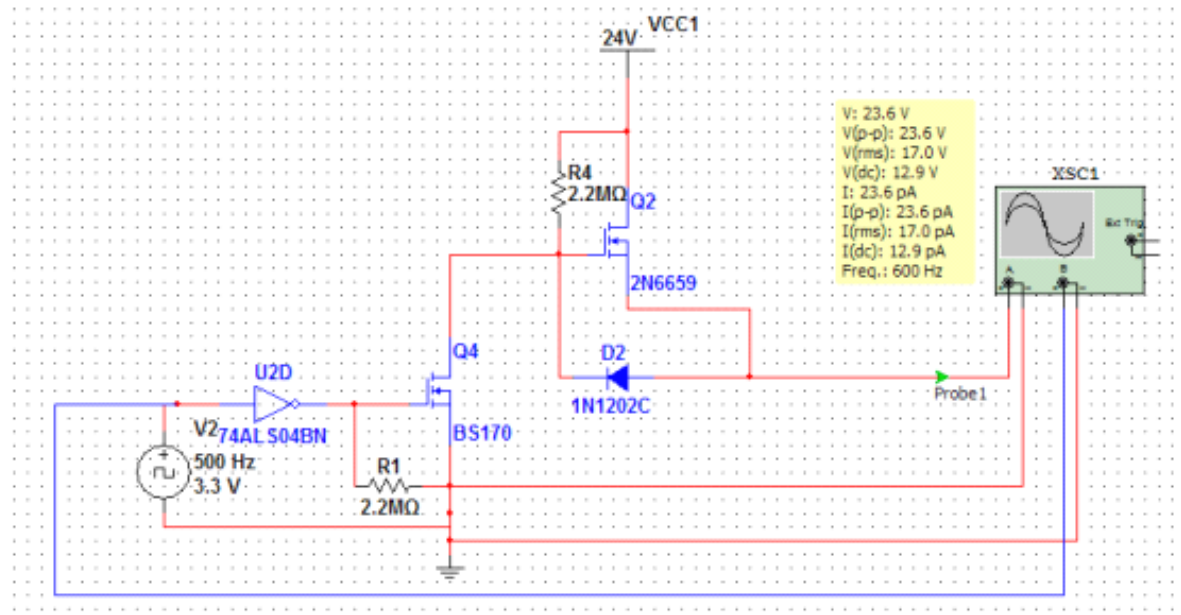
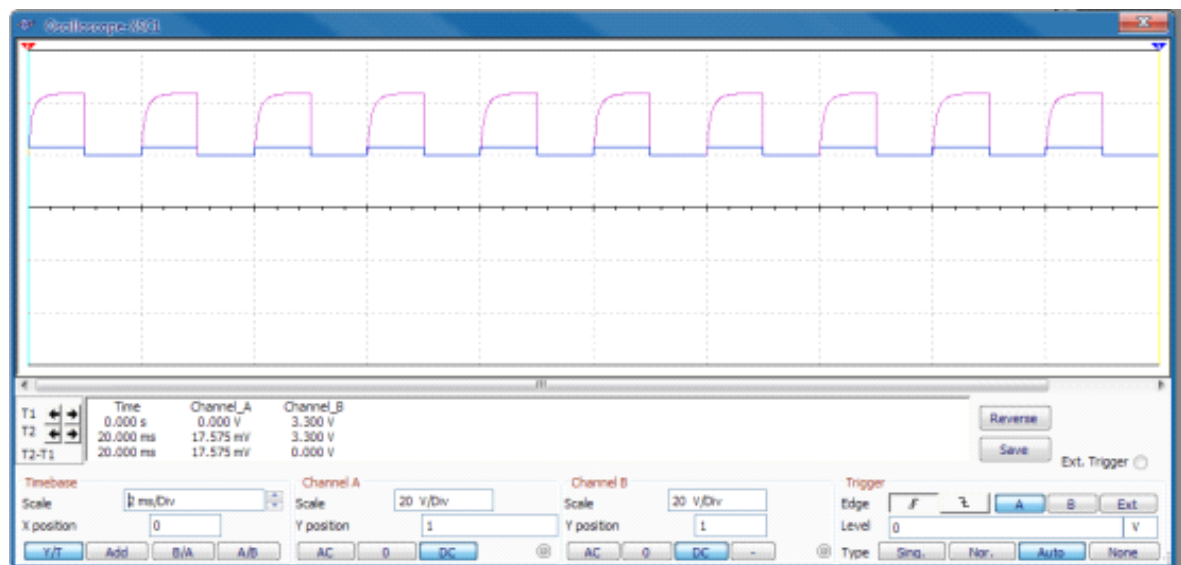




两电路图效果一致输出信号与输入信号相位相反。



加了一个非门之后，可得到：输出信号与输入信号相位相同。



ARM7 的 GPIO 口输出电压为:

标号	参数	最小值	典型值	最大值
V3	电源电压	3V	3.3V	3.6V
VI	输入电压	0		5.5V
VIH	高电平输入电压	2.0V		
VIL	低电平输入电压			0.8V
VO	输出电压	0		V3
VOH	高电平输出电压	V3-0.4V		
VOL				0.4V

6N137 光电隔离器

标号	参数	最小值	典型值	最大值
VIH	高电平输入电压	2.0V		
VIL	低电平输入电压			0.8V

TLP521

用法:

1、1-2 脚之间并联电阻是分流作用, 防止发光二极管暗亮产生误动作。

2、以 TLP521-1 为例, 输出端为 NPN 型光电三极管结构, 3 脚为发射极, 4 脚为集电极, 受光点为基极, 接线方式有两种: (1) 3 脚下拉电阻接地, 4 脚接 +5V, 3 脚为 I/O 输出端, 这种接法导通输出为 1, 截止输出为 0。(2) 4 脚上拉电阻接 +5V, 3 脚接地, 4 脚为 I/O 输出端, 这种接法导通输出为 0, 截止输出为 1。两种接法效果一样, 使用前者较多, 供参考。

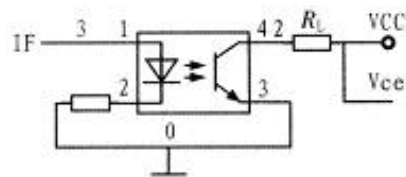


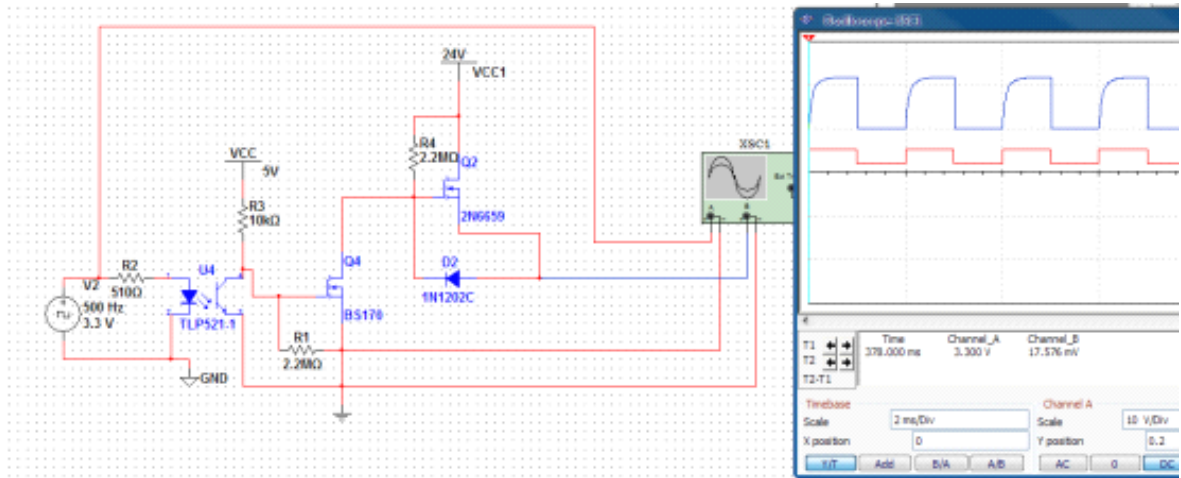
图 1 TLP521-4(GB)典型电路

表 1 TLP521-4(GB)转换时间参数

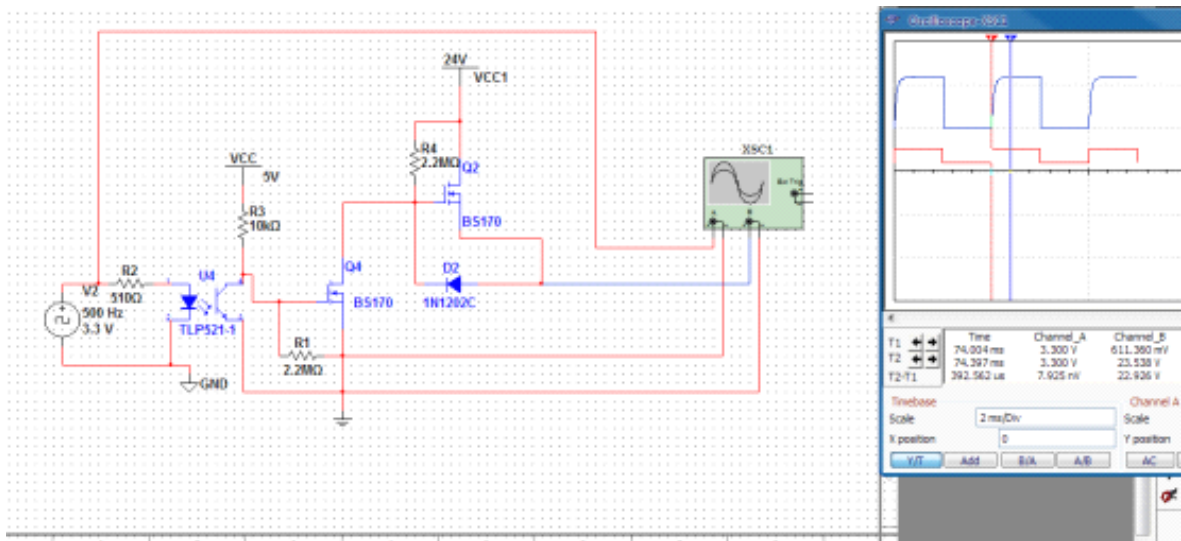
参数	符号	测试条件	典型值/ μs
高电平传输延迟时间	t_s	$V_{CC}=10 V$ $I_C=2 mA$ $R_L=100 \Omega$	2
低电平传输延迟时间	t_f		3
输出脉冲前沿上升时间	t_{on}		3
输出脉冲后沿下降时间	t_{off}		3
输出脉冲前沿上升时间	t_{on}	$V_{CC}=5 V$ $I_C=2 mA$ $R_L=1.9 k\Omega$	2
存储时间	t_s		15
输出脉冲后沿下降时间	t_{off}		25

(3) 压电阀功率驱动小结

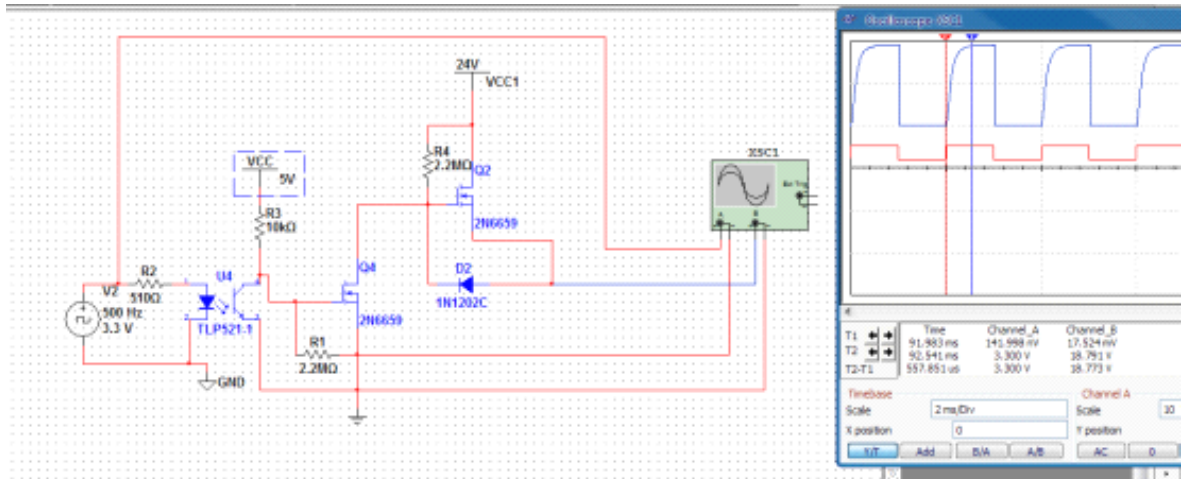
1. 采用 TLP521, 既可以起到隔离效果, 同时也使输出电压与 PWM 电压同向。



2. 当两个 mos 管都采用 BS170 时, 响应曲线效果更佳, 上升时间较快, 输出电压最大值 23.575V



3. 当两个 mos 管都采用 2N6659 时, 响应曲线效果较差, 上升时间较慢 557.852us, 输出电压最大值 18.791V



(4) 江铜现有阀门定位器压电阀驱动电路测试

2.3 阀位反馈电路

本课题采用的阀位传感器为 CP-2FB 电位器。

CP-2FB 电位器电气规格：

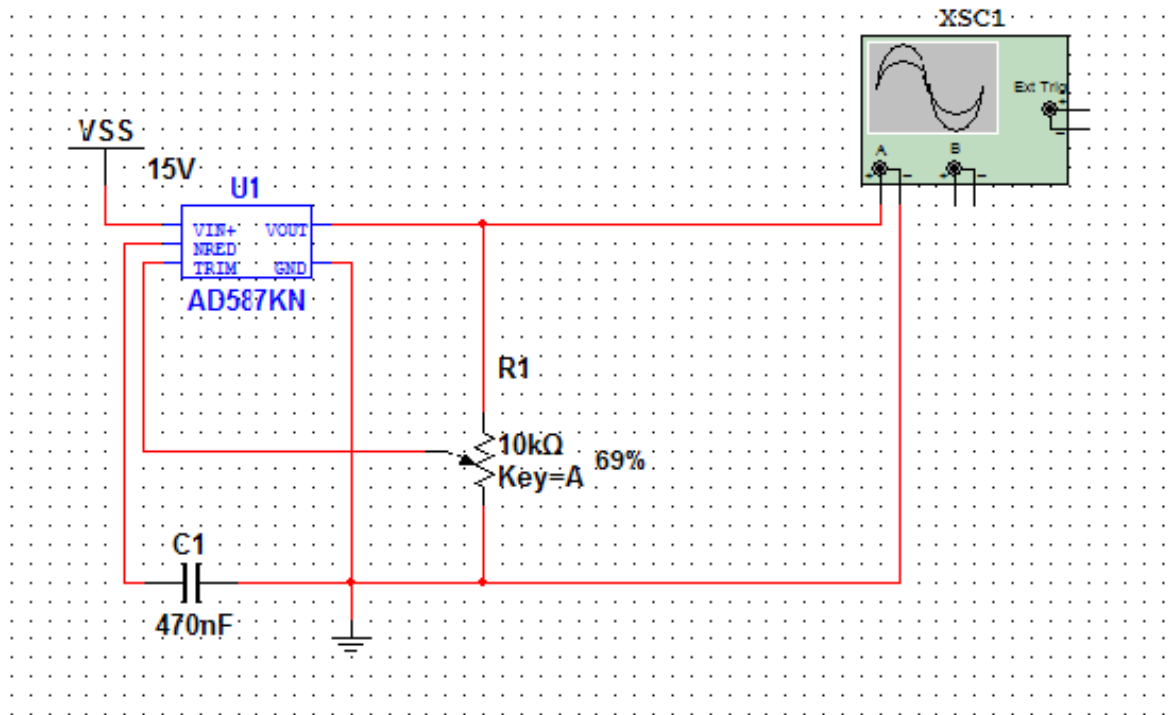
有效电气角	340°
全阻抗值	0.5、1、2、5kΩ
全阻抗值偏差	±20%
线性	±1%
额定电力	0.5W 50℃
输出平滑度	0.1%以下
绝缘电阻	100MΩ 以上 DC1000V
耐压	AC1000V 1 分钟
阻抗温度系数	±400ppm/℃

该电位器的额定电力为 0.5W，可推算出电位器的额定电压为 $U=50w$ ， $I=10mA$ 。一般使电位器的电流控制在 1-2mA 之间，这样电位器不会发热过大，工作的线性度较好。

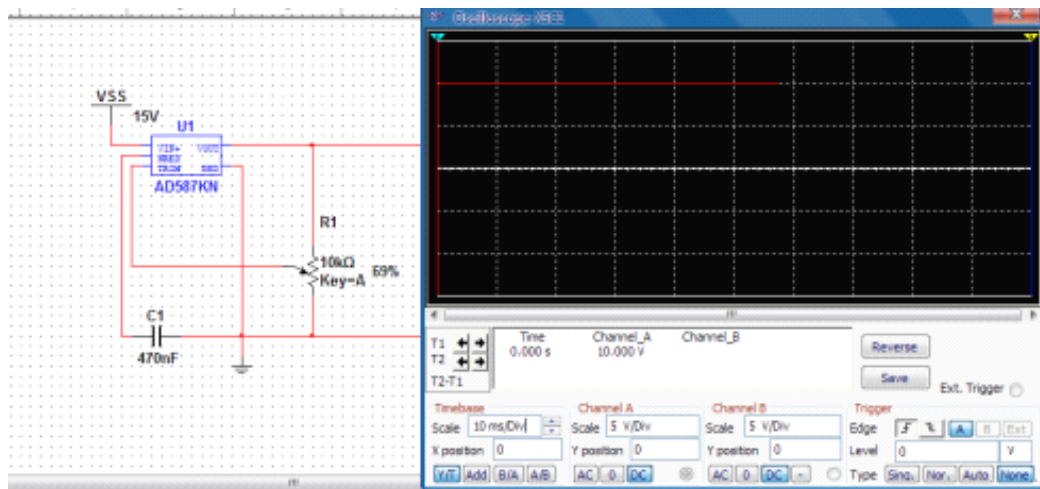
阀位反馈电路仿真分析：

(1) 10V 基准电压源

方案 1：AD587K，芯片精度为 $10V\pm 5mV$ ，可通过调整 R1 大小，提高输出精度。R1 用来微调输出电压，使其输出值更接近 10V，当 R1 的精度为 0.1% 时，可得到精确的 10.000V 电压。也可采用（REF5010、REF102 为 10V 电压源基准 $\pm 0.0025V$ ）。



仿真结果：



方案 2：可采用 XTR110 内部的 10V 参考电压。

由于 XTR110 具有 10V 的基准源，且输出电流大于 2mA，故可将该基准源用于阀位采样电路中作为 10V 的电压基准源。

(2) 信号滤波

低通滤波器应当尽可能靠近系统的前端。从理论上讲，滤波器可以放在线性系统中的任何一级，但是整个系统并不是线性的。如果任何噪声出现在非线性级之前，则它对后面的环节影响很大。简单滤波方式可采用云母、聚苯乙烯、聚四氟乙烯、具碳酸酯等小电容，或大电容胆电容进行滤波。

截止频率选择

截止频率计算： $f = 1/2\pi RC$ KHz。1F=10⁶uF=10⁹nF=10¹²pF。

下图为天津大学优秀硕士论文中阀位反馈模块，其截止频率为 $f = 1/2\pi RC$ KHz=33.86Hz。

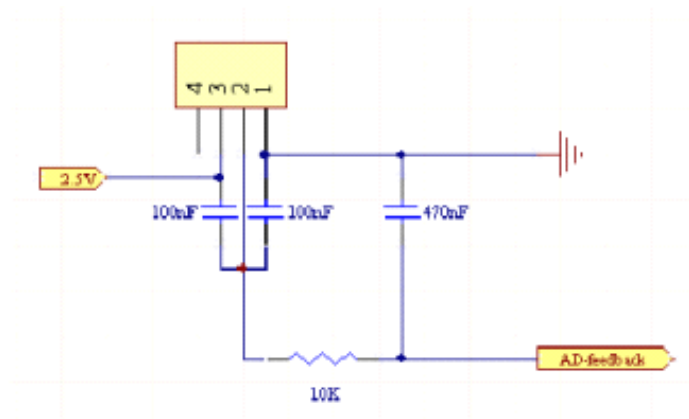
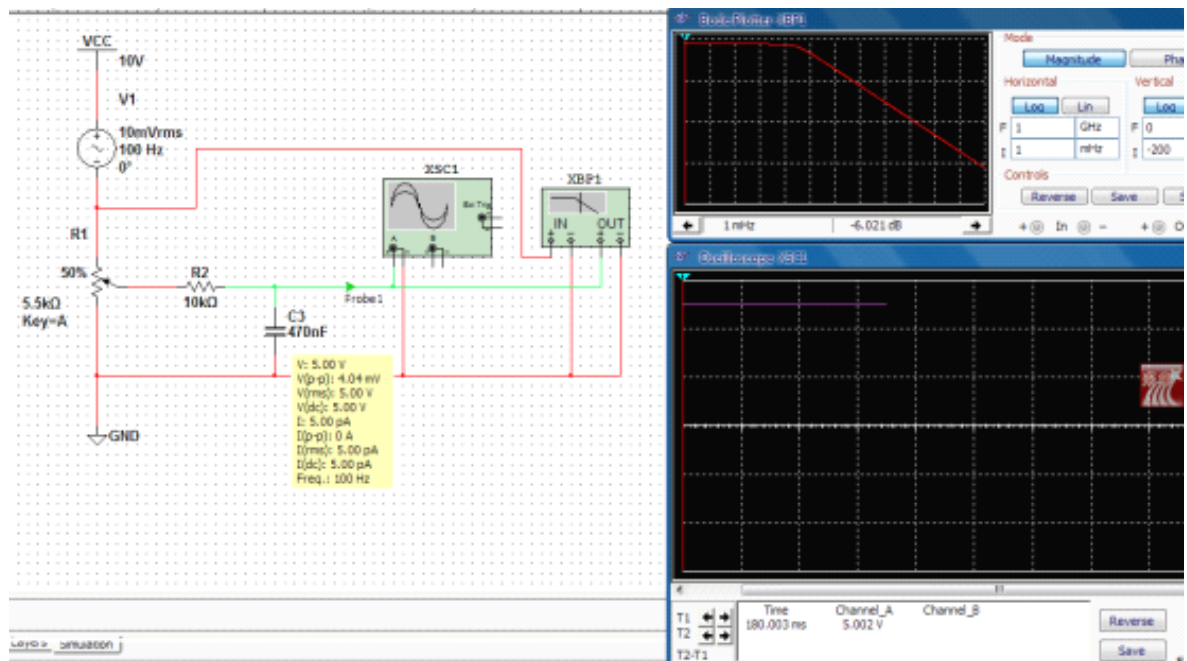


图 3-4 位置反馈模块

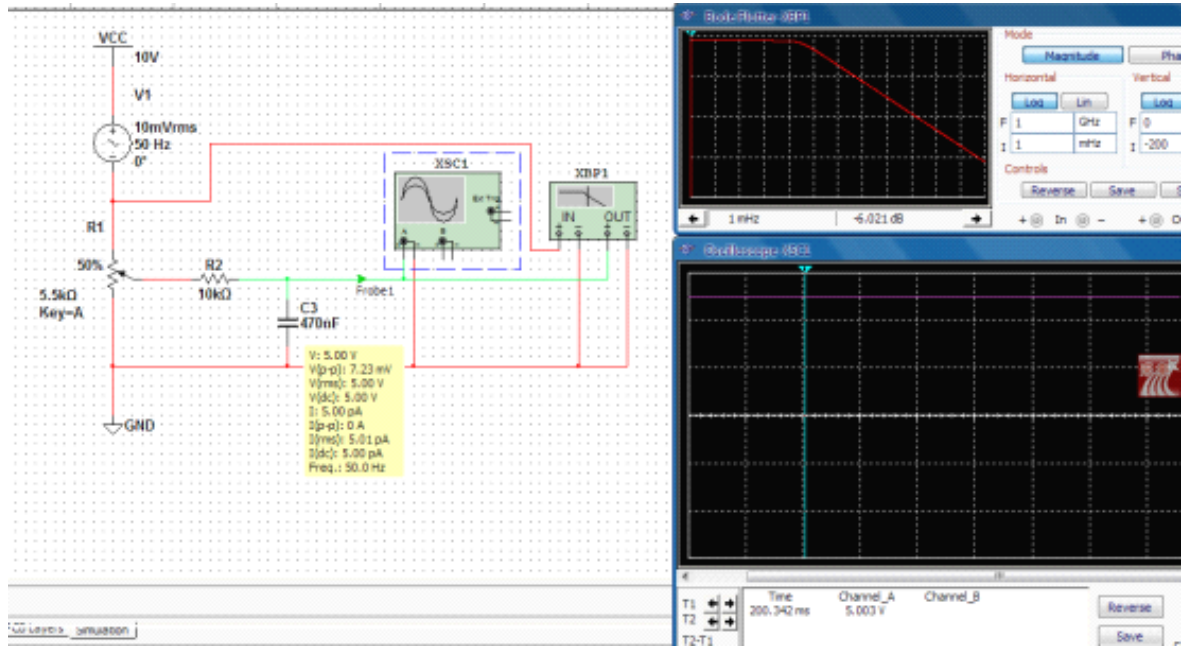
仿真分析

1. RC 无源滤波

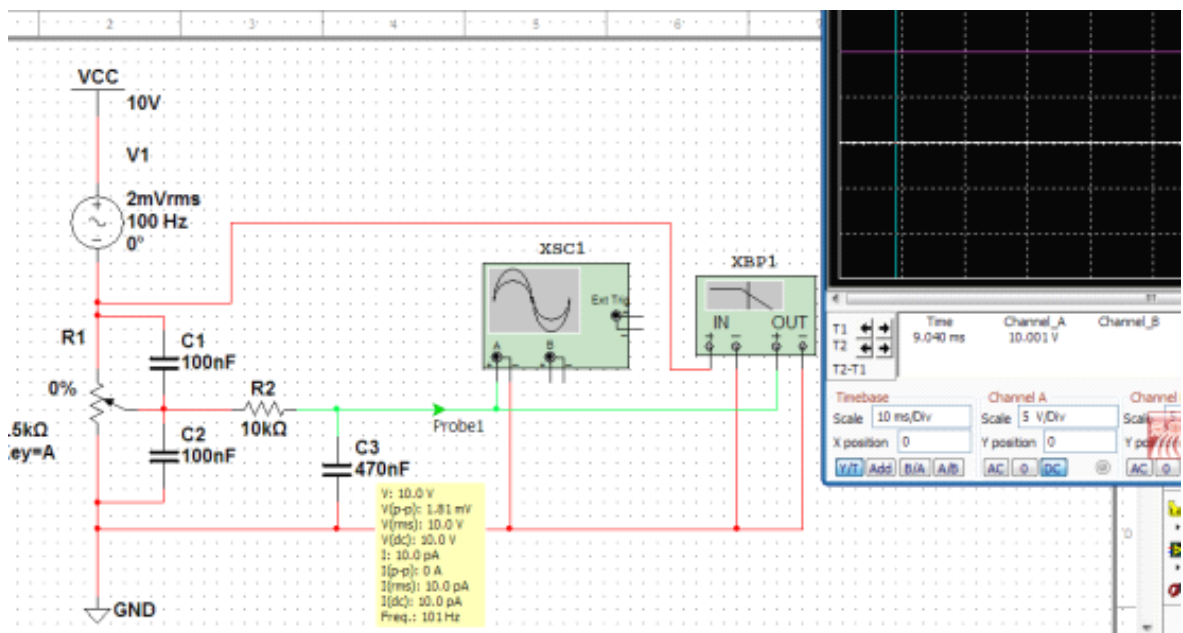
R=10K, C=470nF 时, 10V 的直流源信号中叠加 10mV、频率为 100Hz 的交流信号干扰。当有干扰存在时, 经滤波电路 RC 处理后还有 5mV 的信号波动存在。



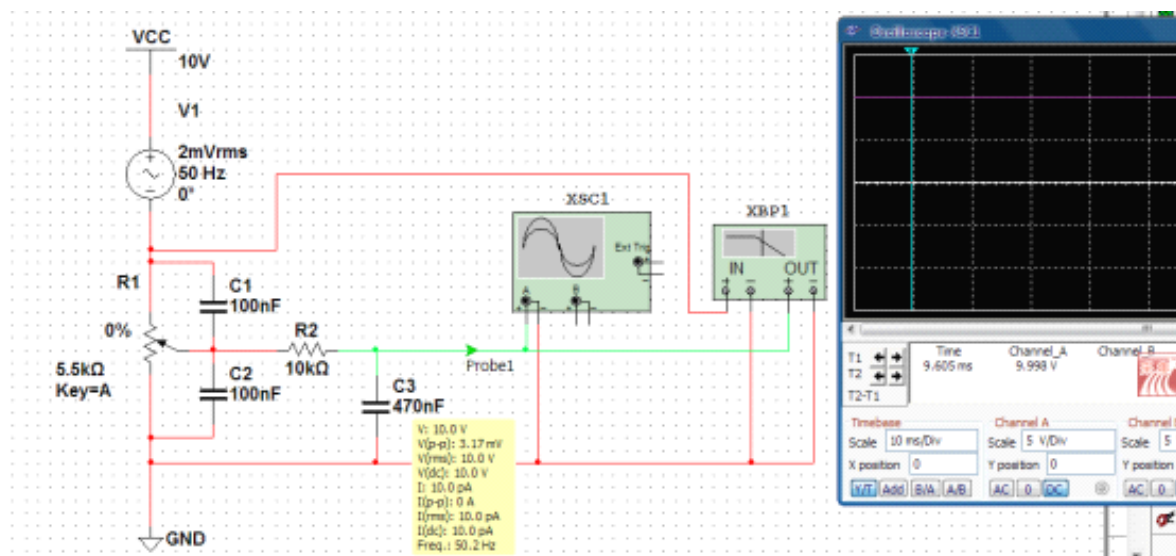
当 10V 的直流源信号中叠加 10mV, 频率为 50Hz 的交流信号干扰。当有干扰存在时, 经滤波电路 RC 处理后还有 4mV 的信号波动存在。



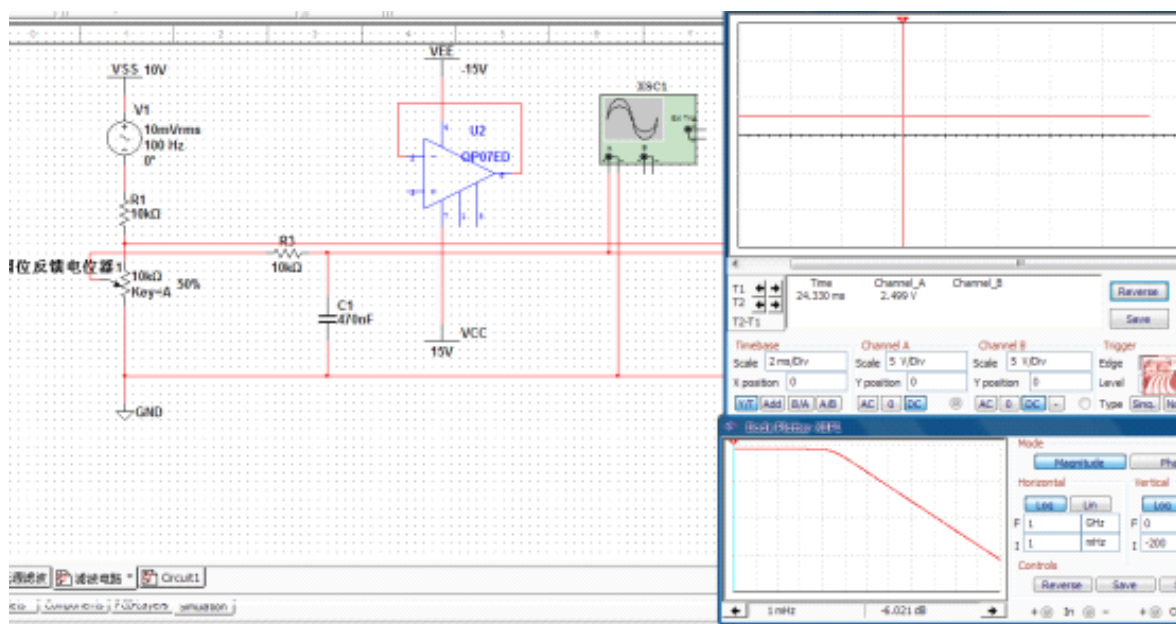
当 10V 的直流源信号中叠加 2mV，频率为 100Hz 的交流信号干扰。当有干扰存在时，经滤波电路 RC 处理后还有 1mV 的信号波动存在。



当 10V 的直流源信号中叠加 2mV，频率为 100Hz 的交流信号干扰。当有干扰存在时，经滤波电路 RC 处理后还有 2mV 的信号波动存在。

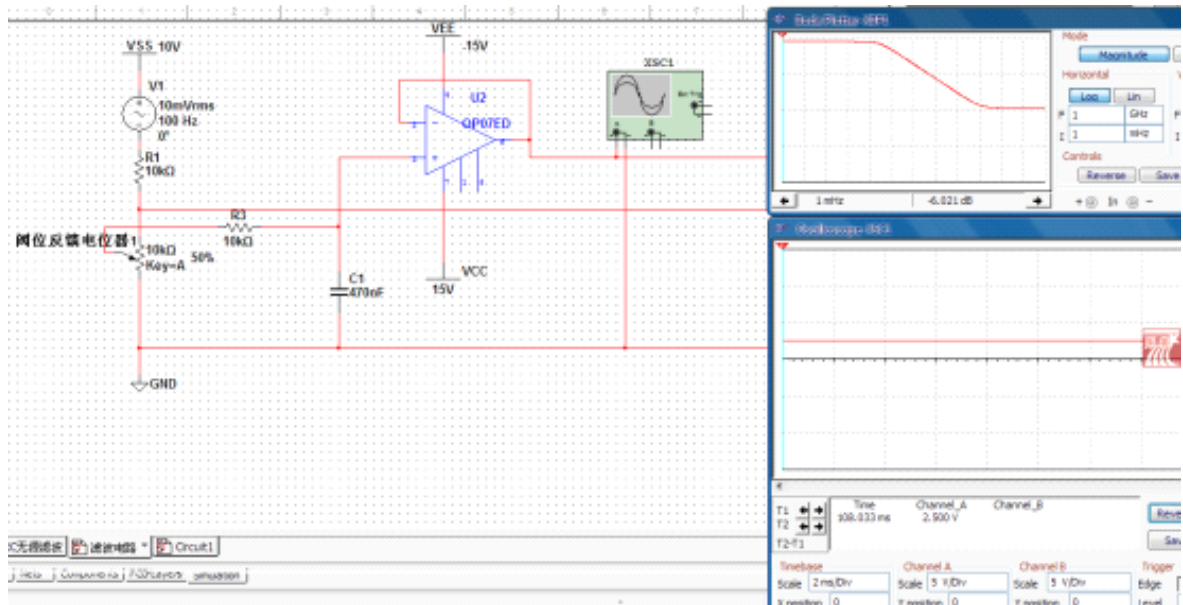


加入分压电阻 R1 后误差减小，当 10V 的直流源信号中叠加 10mV，频率为 100Hz 的交流信号干扰。当有干扰存在时，经滤波电路 RC 处理后还有 1mV 的信号波动存在。

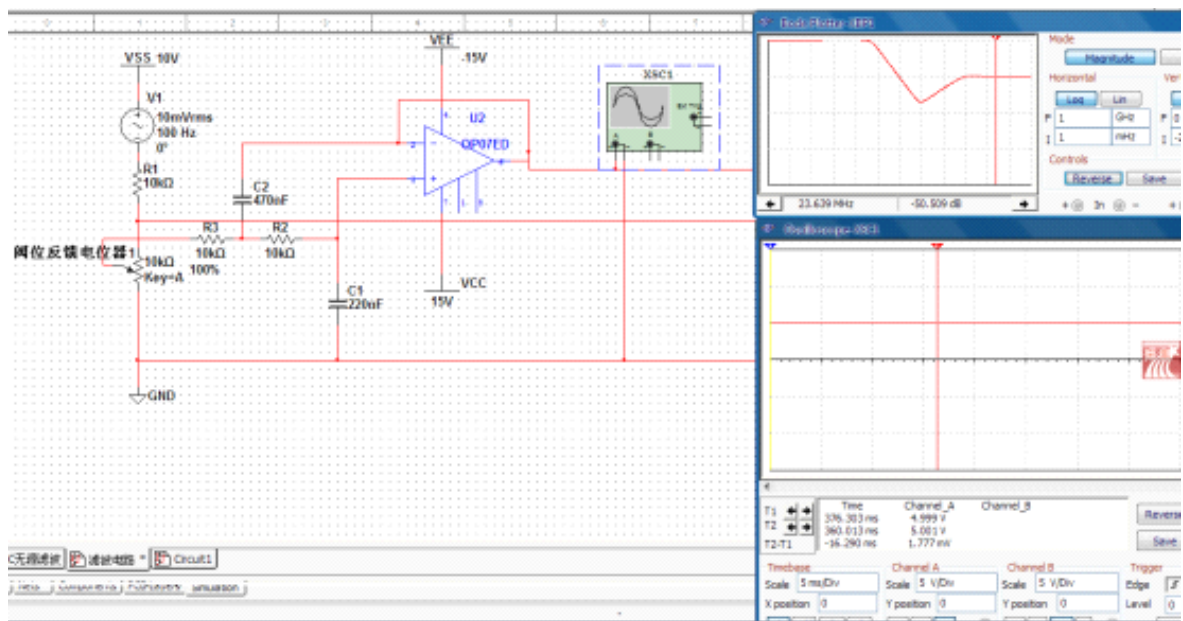


2. 一阶有源滤波电路

当采用 OP07 与 RC 组成有源滤波电路时，滤波效果如下：滤波后还有 1mV 的信号波动存在，同时幅频响应特性效果不佳。



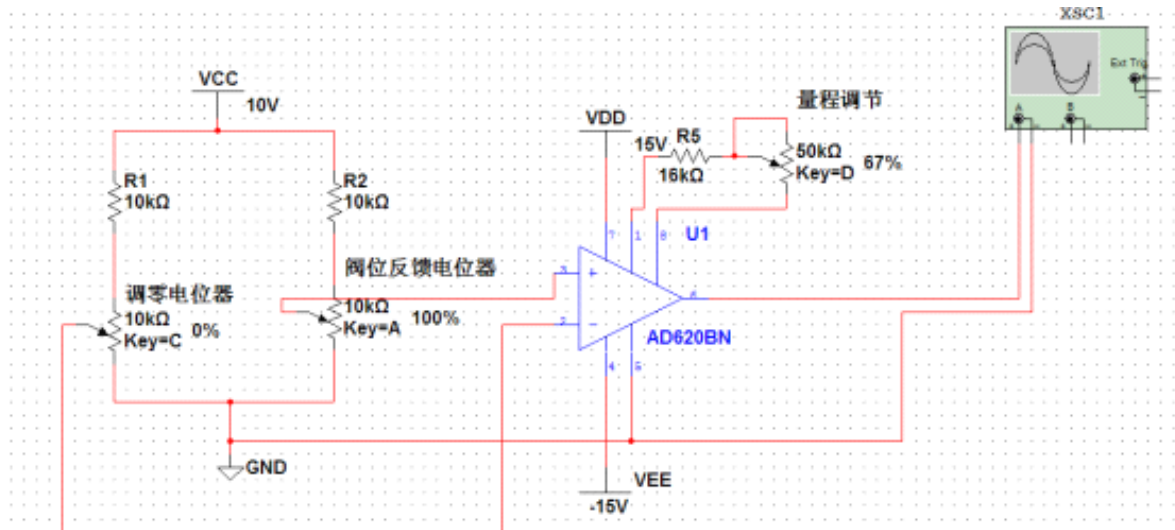
3. 二阶有源滤波电路



经滤波电路分析，本课题采用 RC 无源滤波。

(3) 信号放大

AD620 为低成本高精度仪表放大器，放大倍数为 1-1000 倍，有 1、8 引脚之间的电阻 R_G 决定，增益： $G = 1 + (49.4 \text{ k}/R_G)$ 。下图在 1-8 脚之间设置了 16K 欧至 49.4K 欧的电阻，使其放大增益在 1-4 倍之间。可调电阻的精度影响该模块的整体精度。本课题拟采用 0.01% 的高精度电位器进行量程调节。

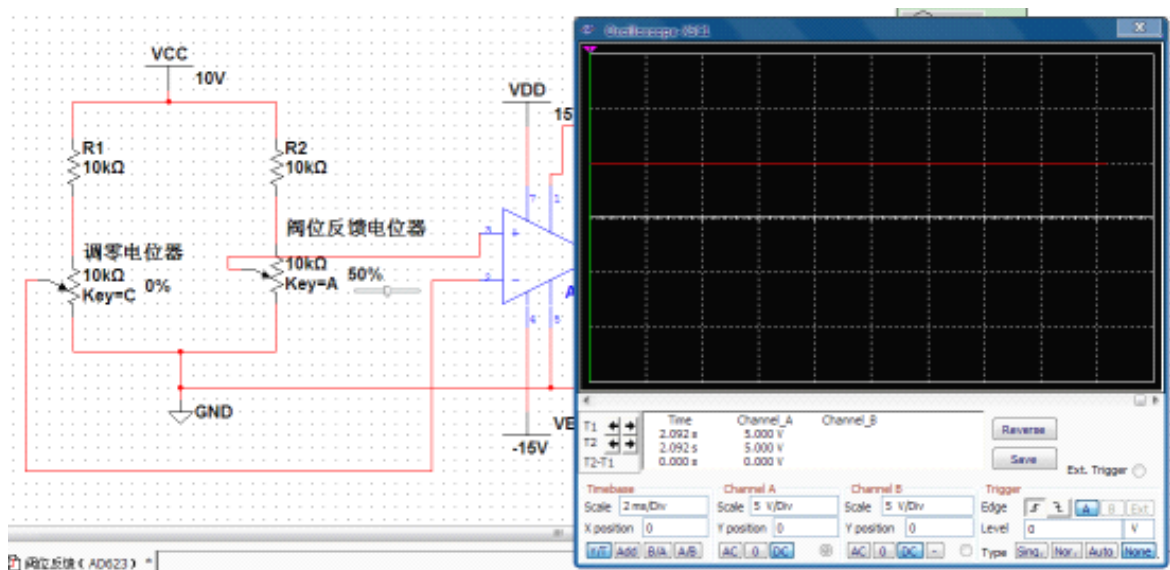


仿真效果如下：

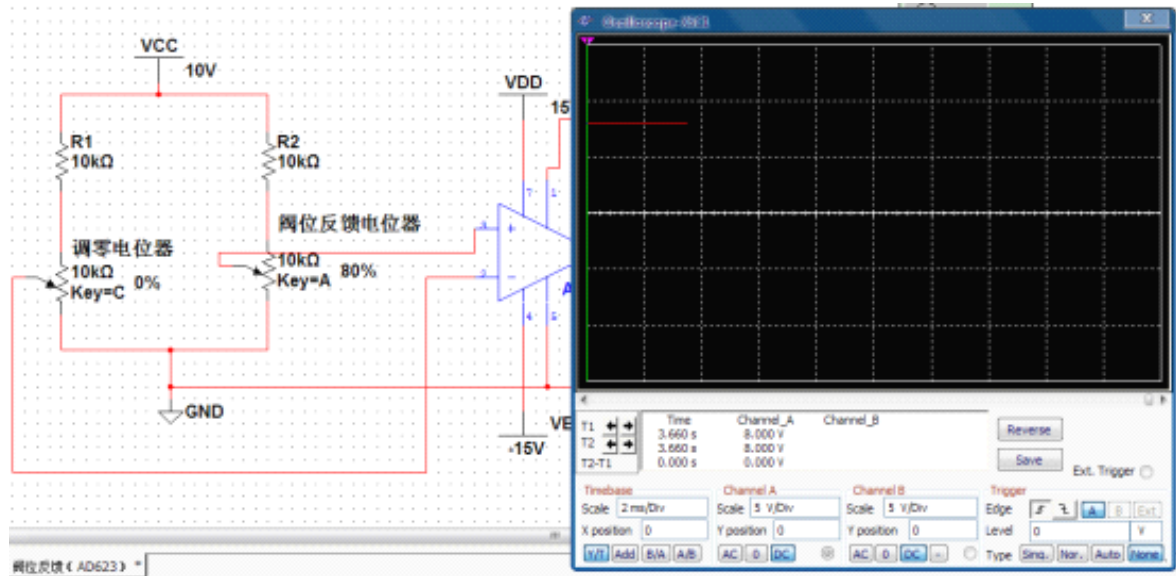
(1) 当放大倍数调整至 2 倍时，将阀位反馈电位器从 0-100%调整，可得数据。

阀位反馈电位器阻值百分比	调理后理想电压值	调理后实际电压值	误差
0%	0	229.879uV	-229.879uV
10%	1.000V	1.000V	0V
20%	2.000V	2.000V	0V
30%	3.000V	3.000V	0V
40%	4.000V	4.000V	0V
50%	5.000V	5.000V	0V
60%	6.000V	6.000V	0V
70%	7.000V	7.000V	0V
80%	8.000V	8.000V	0V
90%	9.000V	9.000V	0V
100%	10.000V	10.000V	0V

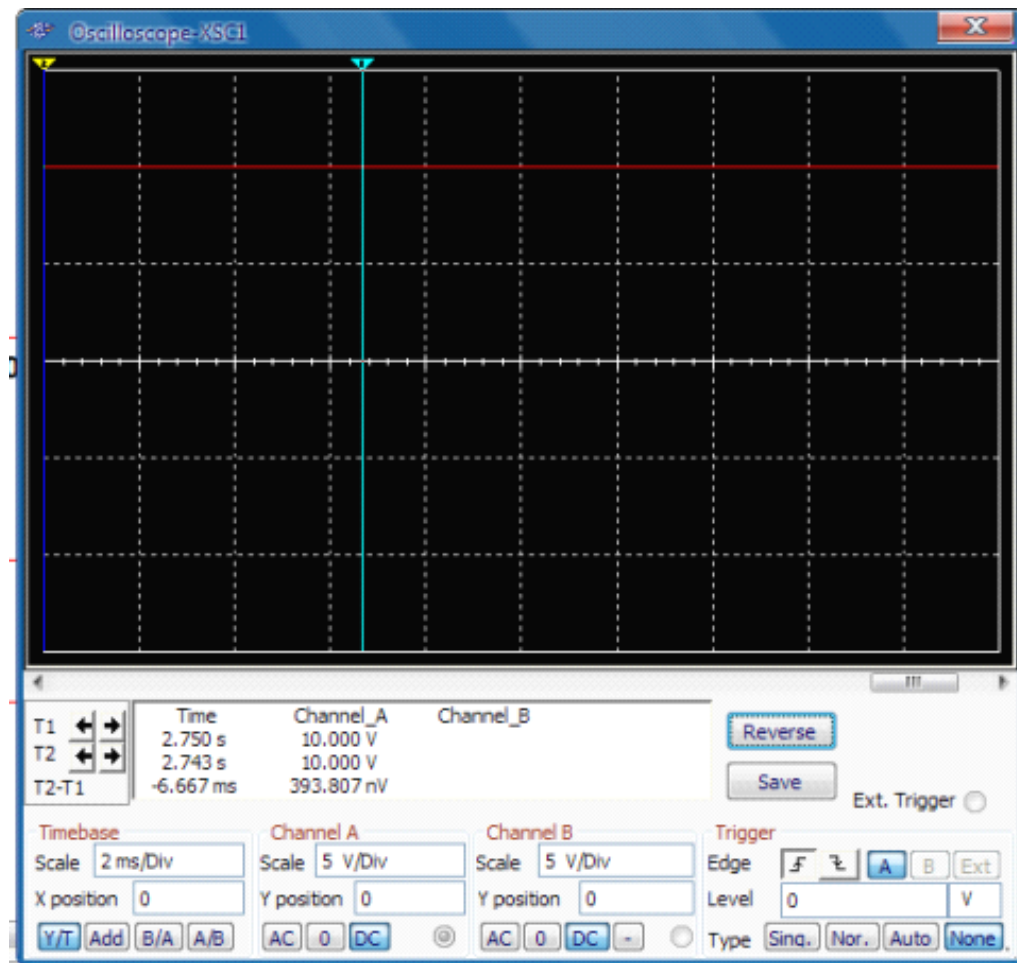
阀位反馈电位器阻值为 50%时：



阀位反馈电位器阻值为 80%时:



阀位反馈电位器阻值为 100%时:

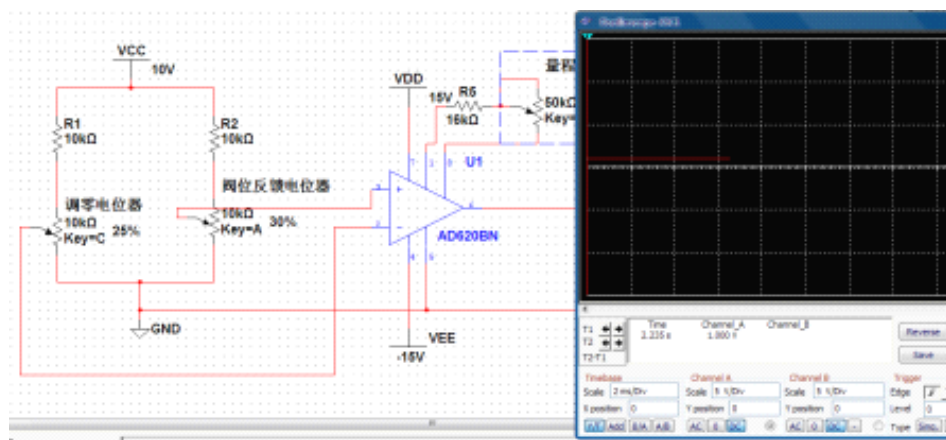


(2) 阀位传感器在实际使用当中, 可能只使用了中间的一段, 假设当阀位反馈传感器实际使用了从 (25%—75%), 这时须将仪表放大器的放大倍数调至为放大 4 倍。

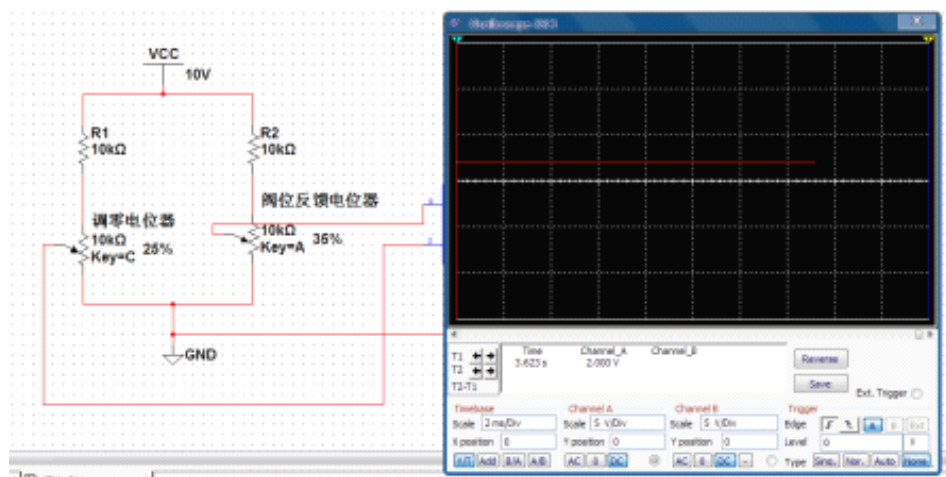
阀位反馈电位器阻值百分比	调理后理想电压值	调理后实际电压值	误差
25%	0	297.426uV	-229.879uV

30%	1.000V	1.000V	0V
35%	2.000V	2.000V	0V
40%	3.000V	3.000V	0V
45%	4.000V	4.000V	0V
50%	5.000V	4.999V	1mV
55%	6.000V	5.999V	1mV
60%	7.000V	6.999V	1mV
65%	8.000V	7.999V	1mV
70%	9.000V	8.999V	1mV
75%	10.000V	9.999V	1mV

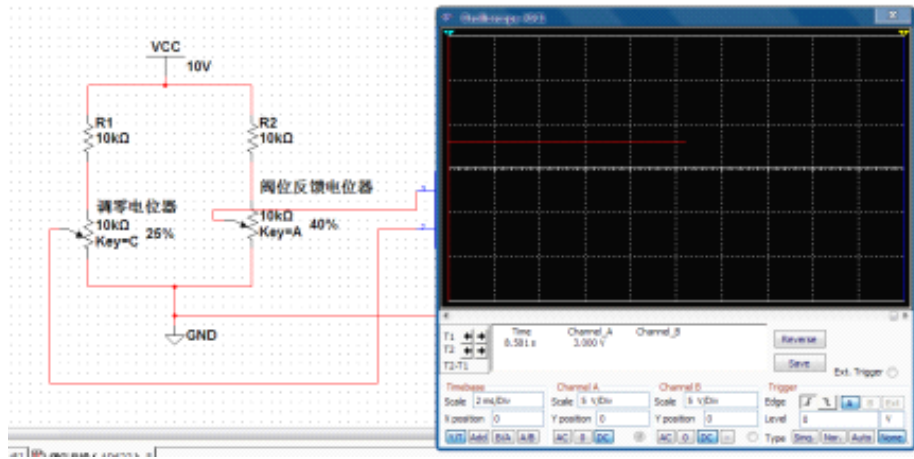
当阀位反馈电位器阻值为 30% 时，输出电压为 1.000V



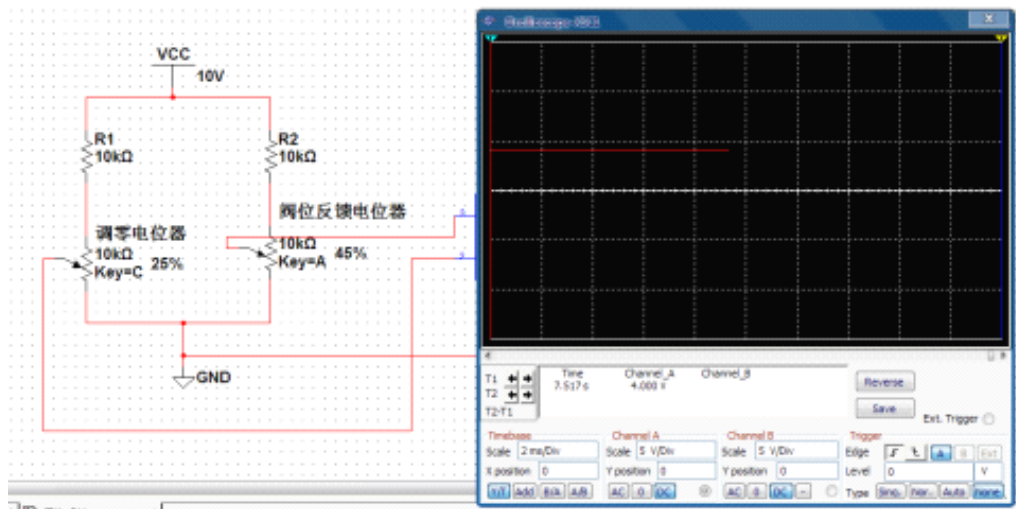
当阀位反馈电位器阻值为 35% 时，输出电压为 2.000V



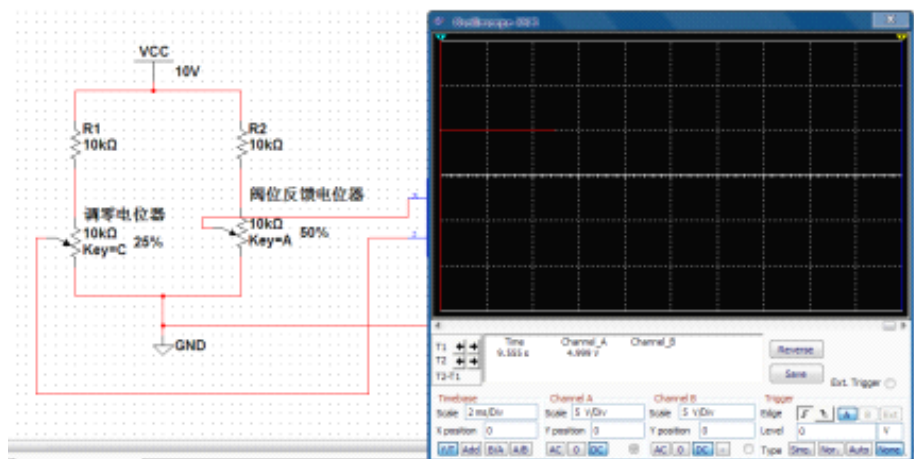
当阀位反馈电位器阻值为 40% 时，输出电压为 3.000V



当阀位反馈电位器阻值为 45%时，输出电压为 4.000V

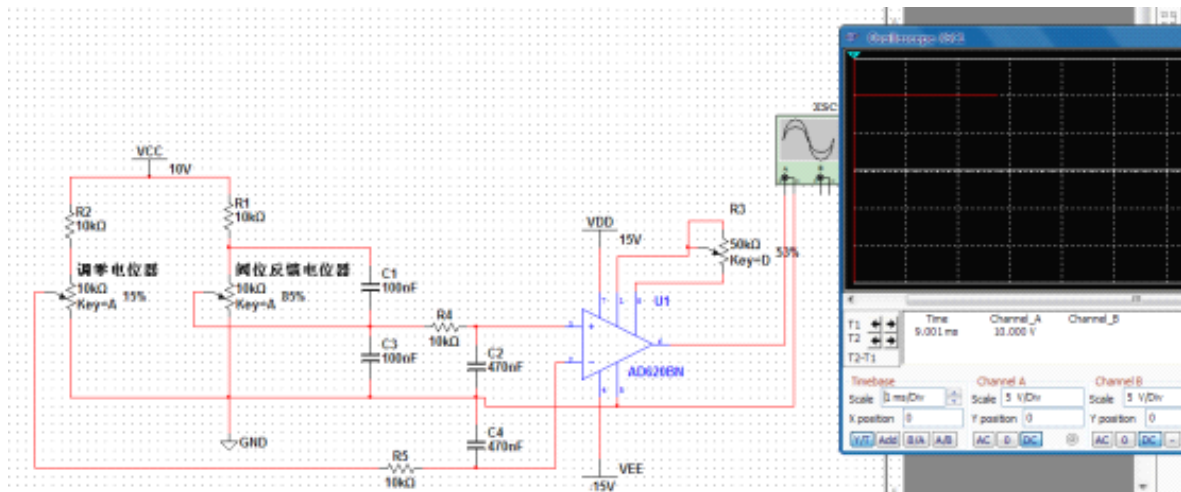


当阀位反馈电位器阻值为 50%时，输出电压为 4.999V



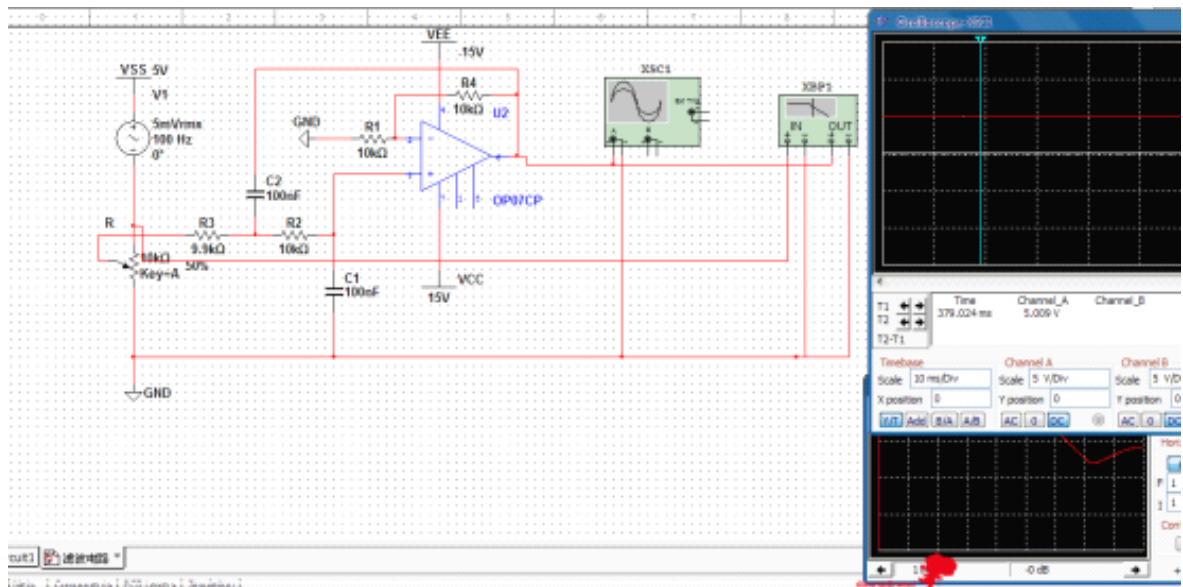
(4) 阀位反馈电路小结

经分析，阀位反馈电路模块为（该模块需要两个精度为 0.1% 的 10k、50k 的电位器）。

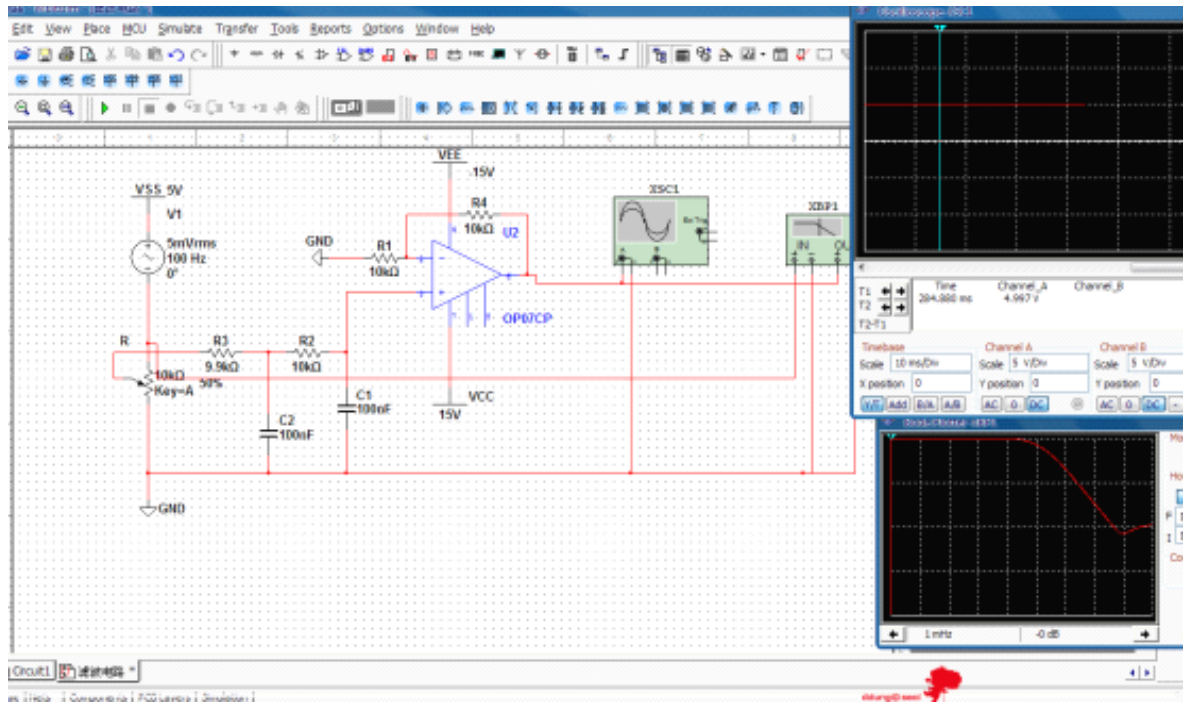


2.4 I/V 电路修改

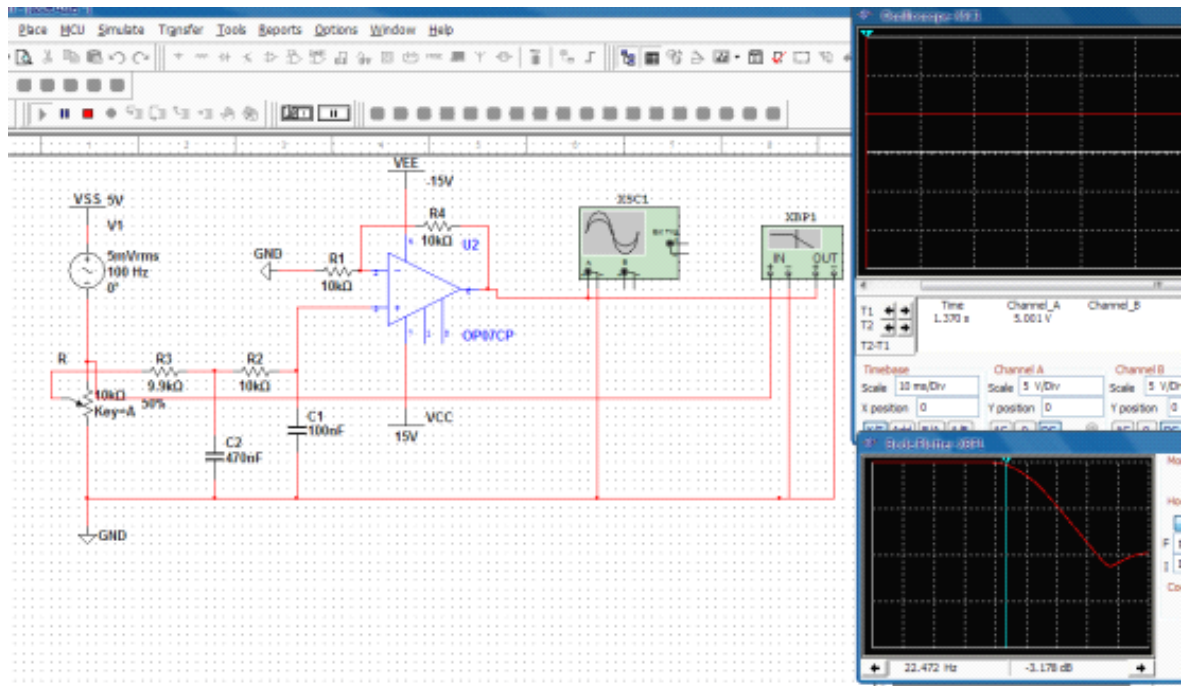
原电路：4-20mA 信号经 RCV420 处理后可得到 0-5V，（有 0.1%的误差），在采用 OP07 构成二阶有源滤波、放大倍数为 2 倍。出来 0-10V 电压信号。仿真效果如下：当加入 5mV、100Hz 的干扰信号时，有 9mV 的误差。滤波效果不是很好。

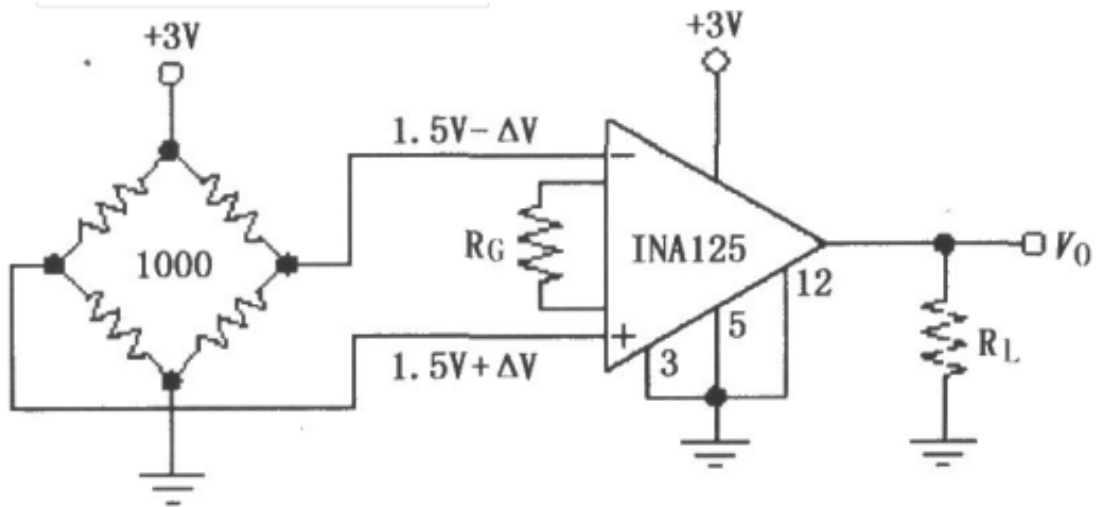
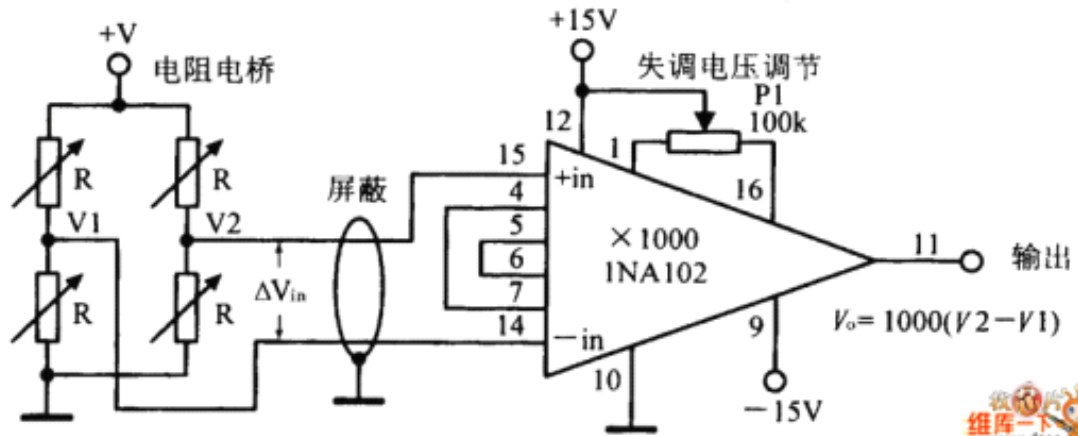


R1 与 R4 的精度影响该电路的整体精度。所以可将 R4 分为 9.1K 的电阻+1K 的电位器调节，可通过调节电位器提高该电路精度。滤波改为一阶滤波。该电路当加入 5mV、100Hz 的干扰信号时，有 3mV 的误差。滤波效果较好。

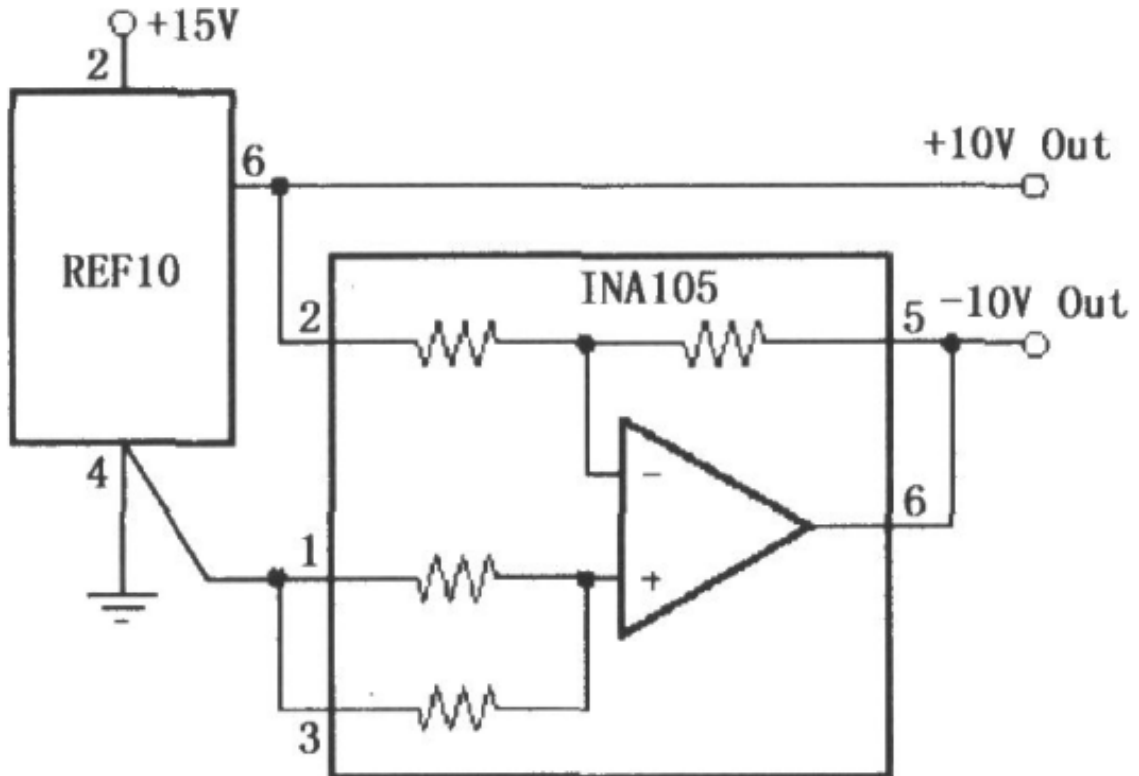


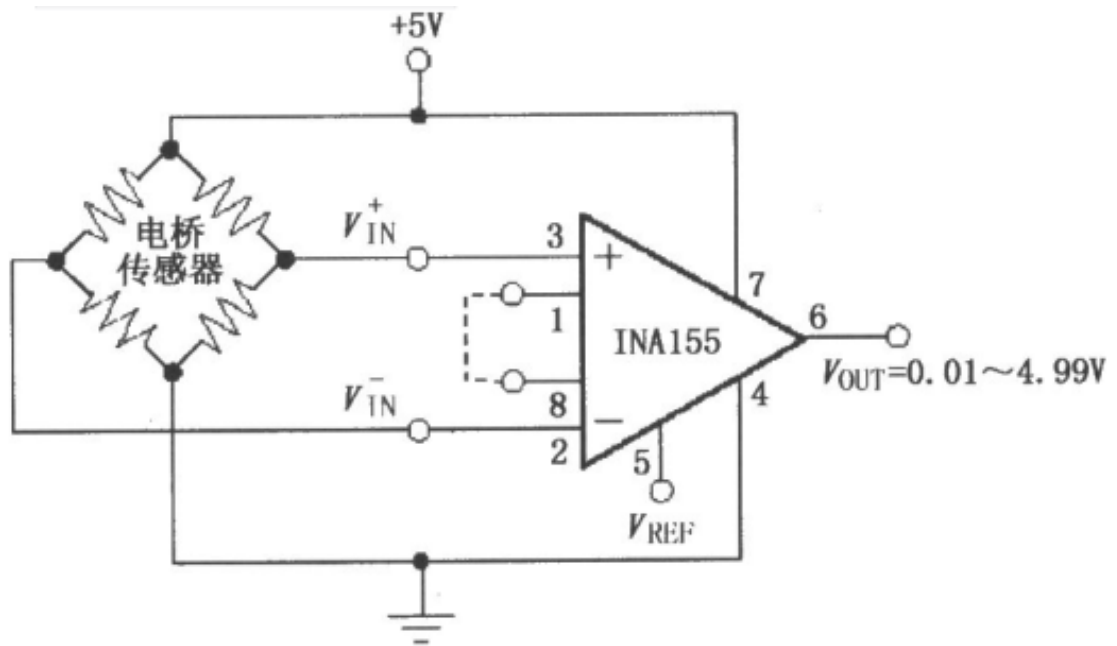
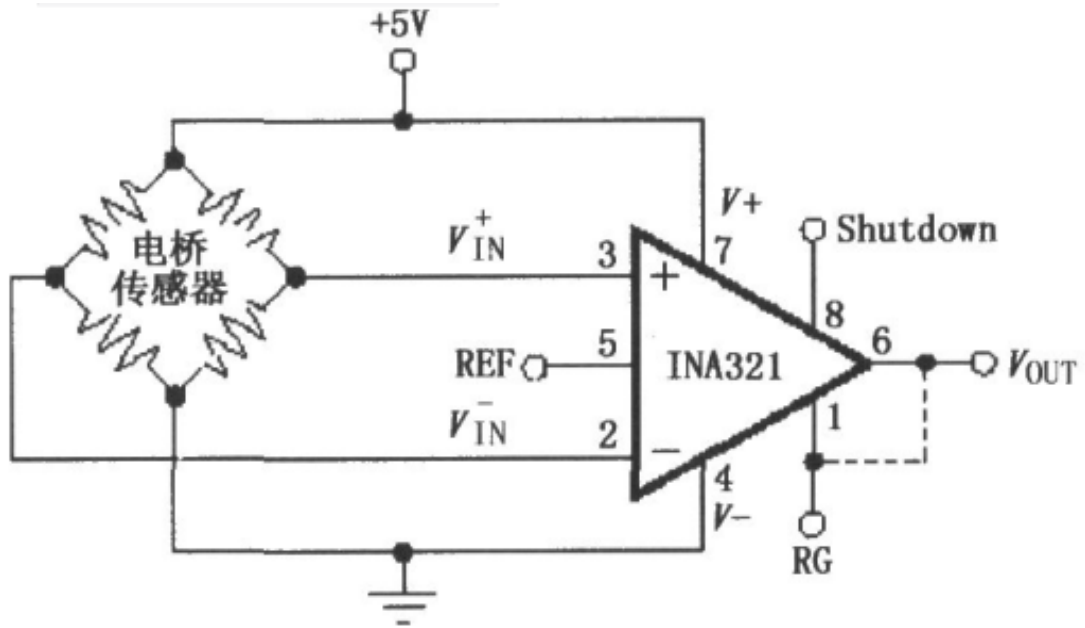
当增大 C2 时，该电路当加入 5mV、100Hz 的干扰信号时，有 1mV 的误差。滤波效果更好。电路的截止频率 22Hz 左右。





下图为 10V 基准源电路：





具有桥式结构的传感器很多，如利用应变原理、磁电阻原理和其他变电阻原理的传感器，可以实现对压力、位移、加速度、磁场等物理量的测试。这种结构的差分输出可以增加灵敏度，也有一定抵消外加干扰的能力。而且有的虽不是差分输出，比如电阻分压式的输出，可以认为是“半桥”，我们还可以人为的加上另一半，即加上一对精密电阻和一个电位器组成另一个分压电路，形成差分输出。每次调节电位器使差分输出为 0，抵消零磁电压。

传感器的差分输出都很微弱，可以用示波器或采集工具观察输出是否正确。但要与后续驱动电路相连或与单片机等 MCU 相连，就需要进行放大。一般使用仪表放大器放大，有 2 运放和 3 运放的典型电路。用 OP27 这样的运放搭建，电路复杂且经过众多环节后精度难以保证，所以一般使用集成的仪表放大器芯片实现放大功能。下面就介绍一下我做过的为使传感器差分输出能够适于被 51 单片机采集而设计的调理电路。

传感器差分输出的峰峰值为 0.3V 左右，采用精密仪器放大器 AD623 放大，它本身还带有一个用以补偿电桥平衡电压的参考端。AD623 只用单电源供电，可以简单的通过一个精密电

阻 R_G 实现放大, 这对简化电路设计和降低功耗都有好处。依据式 1 选取电阻设定放大倍数。

$$Gain = 1 + 100k / R_G$$

其中, 输出电压为 $Gain$, 调增益电阻为 R_G 。

数据采集采用 C8051F060, 该单片机自带 16 位 AD。AD 管脚的有效输入范围为 0~2.5V, 为适应更多的数据采集情况设计了两级调理电路, 使得单片机的采集部分能够接受 $\pm 5V$ 的输入范围, 必须具备通用性。第一级根据式 2

$$U_o = 1.25 - 1.5U_i$$

使得有效输入为 $\pm 5/6V$, 第二级加入放大环节变化到输入允许为 $\pm 5V$ 。

考虑到传感器输出幅值为 0.3V, 可以直接调理到第一级的 $\pm 5/6V$, 省去了 2 级调理的部分简化电路。

综合考虑以上条件, 选择放大倍数和增益电阻值。整个装置的精度由电阻值决定, 所以必须选用高精度电阻。我们选择了准许偏差为 $\pm 0.01\%$ 的 RX70 型精密绕线电阻器, 温度特性为 $\pm 10\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 。相比较调理电路的精度, 仪表放大器部分结构简单、精度更有保证, 所以保证单片机对输入信号的调理精度更为重要。为提高采集精度, 使用标准信号源测试, 将采集到数据结果在单片机中进行线性补偿。为的是减少各部分调理电路带来的误差。