



2023 应电科协招新题（硬件）

——调幅收音机

1. 题目描述

由 TA7642 AM 调频中频处理器、运算放大器、功率晶体管和扬声器组成调幅收音机，从频率为 5MHz 的载波中解调 50Hz~20kHz 的正弦信号

2. 评分细则及要求

2.1. 基本要求

按照电路图能够坚持下来并且可以完整的焊出电路板，可以基本实现调幅收音机的功能，没有大的电路错误。（60）

2.2. 发挥要求

1. 在基本要求的基础上，电路的焊接比较整齐，且跳线的使用数量少于 5 处。（10）
2. 该电路使用 5V 直流供电，请使用 6F22 9V 电池配合 7805 三端稳压芯片为电路提供 5V 直流电源。注意，在该电路使用外接电源供电时，应当保证干电池不被充电导致危险发生！（10）
3. 电压放大级增益可调。（10）
4. 有恒心坚持下去，一定要不懂就问，拉住任何一个学长学姐都可以打破砂锅问到底，不要觉得不好意思就不了了之了，当时我也是小白（当然现在也是），但是有兴趣，能坚持，就一定行。（10）

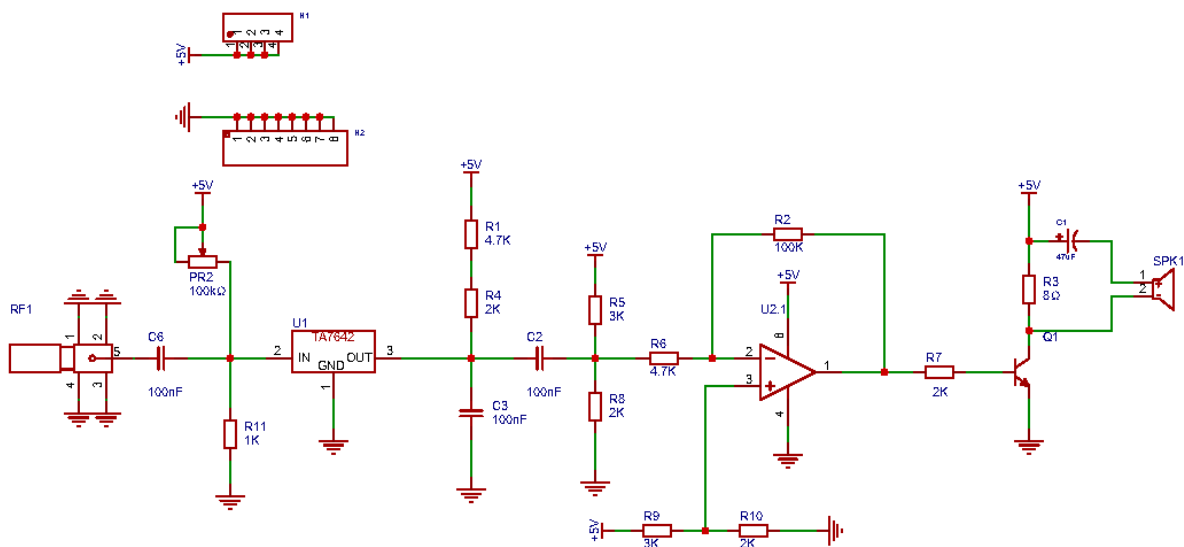
2.3. 拓展要求

通过立创 EDA 或 Altium Designer 绘制 PCB 电路板并投板焊接完成

题目 要求（公布参考设计工程，生搬硬套、直接投板将酌情扣分）。（20分）

3. 提示

3.1. 电路原理图



图一 电路原理图

3.2. 元器件清单

元件	数量
TA7642 AM 调频中频处理器	1
LM358 运算放大器	1
TIP41C 功率晶体管	1
8Ω 0.25W 扬声器	1
铝电解电容 47μF	1
0805 贴片电容 100nF	4
0805 贴片电阻 1kΩ、2kΩ、3kΩ、4.7 kΩ、100 kΩ	1、2、4、2、1
2W 8.2Ω 金属膜电阻（色环电阻）	1
3296 电位器 100 kΩ（滑动变阻器）	1
SMA 插头	1

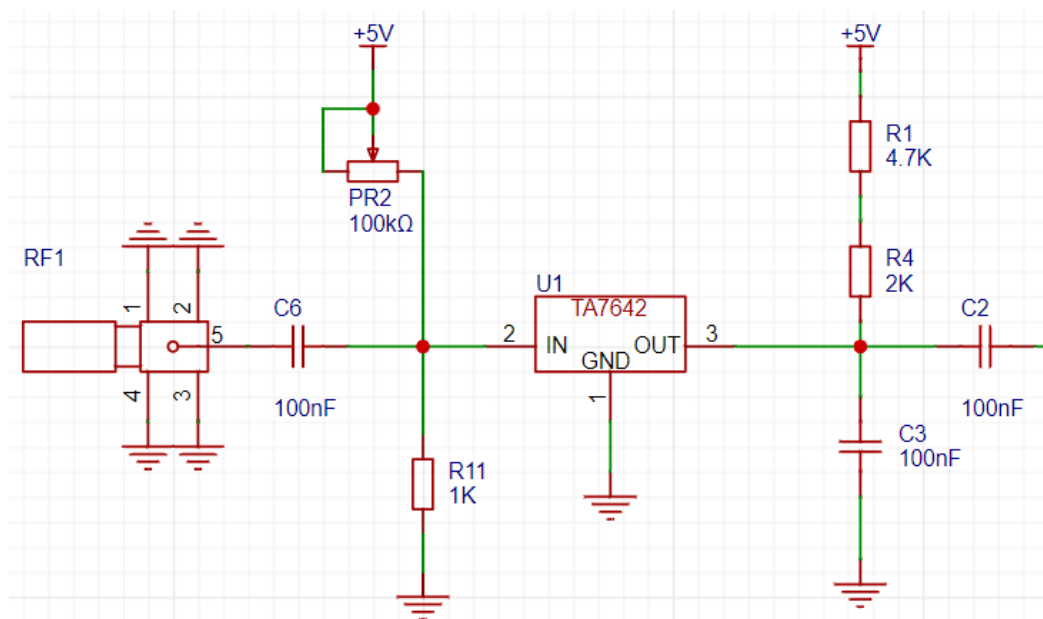


排针（用于外接 5 伏电源和地）	若干（请自取）
M3 螺丝	1
散热片	1

表一 元器件清单

3.3. 原理图分解

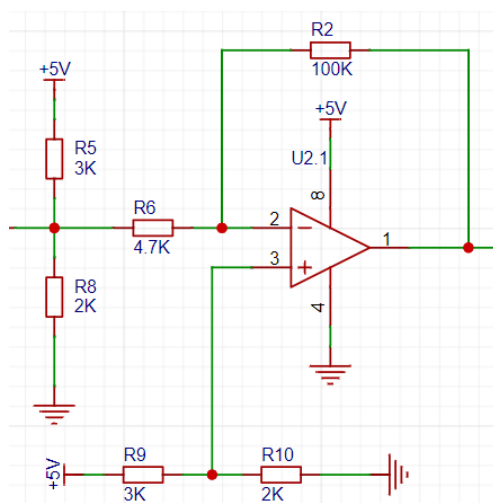
1. 解调电路



图二 解调电路

注意：输入偏置电压在 720 毫伏左右时，失真较低。而要使用固定电阻不易精确控制电压，需要自己调整电位器实现。

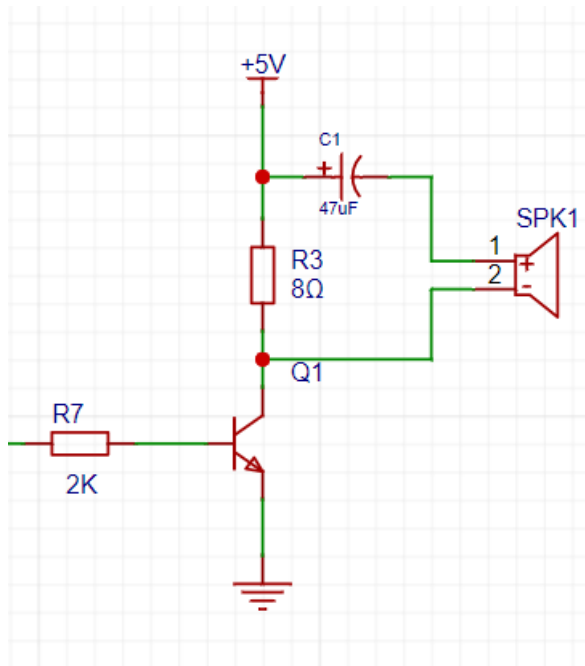
2. 电压放大级



图三 电压放大级



3. 功率输出级



图四 功率输出级

注意：此扬声器与实际扬声器不同，没有正负极之分！

4. 预备知识

4.1. 所需元件介绍

4.1.1. 电阻（0805 贴片、金属膜电阻、3296 电位器）

1. 0805 电阻

常见的 0805 贴片电阻有 5%精度和 1%精度之分。其中 5%的电阻用 3 位数字表示电阻阻值，1%的电阻用 4 位数字表示电阻阻值。

若没有 R，两种表示方式的最后一位都表示 0 的数量，将最后一位换成对应数量的 0 即可得到电阻值。若有 R，则将 R 换成小数点，小数点前无 0 补 0，有 0 照旧，即得到电阻值。

例如 1001，最后一位表示有 1 个 0，电阻阻值是 1000Ω，即 1kΩ。

又如 R500，R 表示小数点，在其前加 0，电阻阻值是 0.5Ω。

如果不想换算，就直接“查表得”吧！注意毫欧和兆欧的单位，一个



小写，一个大写，别搞混了。

000=0 Ω	R22=22m Ω	R33=33m Ω	R47=47m Ω
R68=68m Ω	R82=82m Ω	1R0=1 Ω	1R1=1.1 Ω
1R2=1.2 Ω	1R3=1.3 Ω	1R5=1.5 Ω	1R6=1.6 Ω
1R7=1.7 Ω	1R8=1.8 Ω	1R9=1.9 Ω	2R0=2 Ω
2R2=2.2 Ω	2R4=2.4 Ω	2R7=2.7 Ω	3R0=3 Ω
3R3=3.3 Ω	3R6=3.6 Ω	3R9=3.3 Ω	4R3=4.3 Ω
4R7=4.7 Ω	5R1=5.1 Ω	5R6=5.6 Ω	6R2=6.2 Ω
6R8=6.8 Ω	7R5=7.5 Ω	8R2=8.2 Ω	9R1=9.1 Ω
100=10 Ω	110=11 Ω	120=12 Ω	130=13 Ω
150=15 Ω	160=16 Ω	180=18 Ω	200=20 Ω
220=22 Ω	240=24 Ω	270=27 Ω	300=30 Ω
360=36 Ω	390=39 Ω	430=43 Ω	470=47 Ω
510=51 Ω	560=56 Ω	620=62 Ω	680=68 Ω
750=75 Ω	820=82 Ω	910=91 Ω	101=100 Ω
111=110 Ω	121=120 Ω	131=130 Ω	151=150 Ω
161=160 Ω	181=180 Ω	201=200 Ω	221=220 Ω
241=240 Ω	271=270 Ω	301=300 Ω	331=330 Ω
361=360 Ω	391=390 Ω	431=430 Ω	471=470 Ω
511=510 Ω	561=560 Ω	621=620 Ω	681=680 Ω
751=750 Ω	821=820 Ω	911=910 Ω	102=1k Ω
112=1.1k Ω	122=1.2k Ω	132=1.3k Ω	152=1.5k Ω
162=1.6k Ω	182=1.8k Ω	202=2k Ω	222=2.2k Ω
242=2.4k Ω	272=2.7k Ω	302=3k Ω	332=3.3k Ω
362=3.6k Ω	392=3.9k Ω	432=4.3k Ω	472=4.7k Ω
512=5.1k Ω	562=5.6k Ω	622=6.2k Ω	682=6.8k Ω
752=7.5k Ω	822=8.2k Ω	912=9.1k Ω	103=10k Ω
113=11k Ω	123=12k Ω	133=13k Ω	153=15k Ω
163=16k Ω	183=18k Ω	203=20k Ω	223=22k Ω



243=24k Ω	273=27k Ω	303=30k Ω	333=33k Ω
363=36k Ω	393=39k Ω	433=43k Ω	473=47k Ω
513=51k Ω	563=56k Ω	623=62k Ω	683=68k Ω
753=75k Ω	823=82k Ω	913=91k Ω	104=100k Ω
114=110k Ω	124=120k Ω	134=130k Ω	154=150k Ω
164=160k Ω	184=180k Ω	204=200k Ω	224=220k Ω
274=270k Ω	304=300k Ω	334=330k Ω	364=360k Ω
394=390k Ω	434=430k Ω	474=470k Ω	514=510k Ω
564=560k Ω	624=620k Ω	684=680k Ω	754=750k Ω
824=820k Ω	914=910k Ω	105=1M Ω	115=1.1M Ω
125=1.2M Ω	135=1.3M Ω	155=1.5M Ω	165=1.6M Ω
185=1.8M Ω	205=2M Ω	225=2.2M Ω	245=2.4M Ω
275=2.7M Ω	305=3M Ω	335=3.3M Ω	365=3.6M Ω
395=3.9M Ω	435=4.3M Ω	475=4.7M Ω	515=5.1M Ω
565=5.6M Ω	625=6.2M Ω	685=6.8M Ω	755=7.5M Ω
825=8.2M Ω	915=9.1M Ω	106=10M Ω	107=100M Ω

表二 1%精度电阻丝印-阻值对照表（从左到右，从上到下阻值递增）

000=0 Ω	R001=1m Ω	R002=2m Ω	R003=3m Ω
R005=5m Ω	R006=6m Ω	R008=8m Ω	R010=10m Ω
R020=20m Ω	R022=22m Ω	R030=30m Ω	R033=33m Ω
R040=40m Ω	R047=47m Ω	R050=50m Ω	R060=60m Ω
R068=68m Ω	R082=82m Ω	R090=90m Ω	R100=100m Ω
R110=110m Ω	R220=22m Ω	R330=33m Ω	R470=47m Ω
R680=68m Ω	R820=82m Ω	1R00=1 Ω	1R10=1.1 Ω
1R20=1.2 Ω	1R30=1.3 Ω	1R50=1.5 Ω	1R60=1.6 Ω
1R70=1.7 Ω	1R80=1.8 Ω	1R90=1.9 Ω	2R00=2 Ω
2R20=2.2 Ω	2R40=2.4 Ω	2R70=2.7 Ω	3R00=3 Ω
3R30=3.3 Ω	3R60=3.6 Ω	3R90=3.3 Ω	4R30=4.3 Ω
4R70=4.7 Ω	5R10=5.1 Ω	5R60=5.6 Ω	6R20=6.2 Ω



6R80=6.8 Ω	7R50=7.5 Ω	8R20=8.2 Ω	9R10=9.1 Ω
10R0=10 Ω	11R0=11 Ω	12R0=12 Ω	13R0=13 Ω
15R0=15 Ω	16R0=16 Ω	18R0=18 Ω	20R0=20 Ω
22R0=22 Ω	24R0=24 Ω	27R0=27 Ω	30R0=30 Ω
36R0=36 Ω	39R0=39 Ω	43R0=43 Ω	47R0=47 Ω
51R0=51 Ω	56R0=56 Ω	62R0=62 Ω	68R0=68 Ω
75R0=75 Ω	82R0=82 Ω	91R0=91 Ω	1000=100 Ω
1100=110 Ω	1200=120 Ω	1300=130 Ω	1500=150 Ω
1600=160 Ω	1800=180 Ω	2000=200 Ω	2200=220 Ω
2400=240 Ω	2700=270 Ω	3000=300 Ω	3300=330 Ω
3600=360 Ω	3900=390 Ω	4300=430 Ω	4700=470 Ω
5100=510 Ω	5600=560 Ω	6200=620 Ω	6800=680 Ω
7500=750 Ω	8200=820 Ω	9100=910 Ω	1001=1k Ω
1101=1.1k Ω	1201=1.2k Ω	1301=1.3k Ω	1501=1.5k Ω
1601=1.6k Ω	1801=1.8k Ω	2001=2k Ω	2201=2.2k Ω
2401=2.4k Ω	2701=2.7k Ω	3001=3k Ω	3301=3.3k Ω
3601=3.6k Ω	3901=3.9k Ω	4301=4.3k Ω	4701=4.7k Ω
5101=5.1k Ω	5601=5.6k Ω	6201=6.2k Ω	6801=6.8k Ω
7501=7.5k Ω	8201=8.2k Ω	9101=9.1k Ω	1002=10k Ω
1102=11k Ω	1202=12k Ω	1302=13k Ω	1502=15k Ω
1602=16k Ω	1802=18k Ω	2002=20k Ω	2202=22k Ω
2402=24k Ω	2702=27k Ω	303=30k Ω	333=33k Ω
363=36k Ω	393=39k Ω	4302=43k Ω	4702=47k Ω
5102=51k Ω	5602=56k Ω	6202=62k Ω	6802=68k Ω
7502=75k Ω	8202=82k Ω	9102=91k Ω	1003=100k Ω
1103=110k Ω	1203=120k Ω	1303=130k Ω	1503=150k Ω
1603=160k Ω	1803=180k Ω	2003=200k Ω	2203=220k Ω
2703=270k Ω	3003=300k Ω	3303=330k Ω	3603=360k Ω
3903=390k Ω	4303=430k Ω	4703=470k Ω	5103=510k Ω



5603=560k Ω	6203=620k Ω	6803=680k Ω	7503=750k Ω
8203=820k Ω	9103=910k Ω	1004=1M Ω	1104=1.1M Ω
1204=1.2M Ω	1304=1.3M Ω	1504=1.5M Ω	1604=1.6M Ω
1804=1.8M Ω	2004=2M Ω	2204=2.2M Ω	2404=2.4M Ω
2704=2.7M Ω	3004=3M Ω	3304=3.3M Ω	3604=3.6M Ω
3904=3.9M Ω	4304=4.3M Ω	4704=4.7M Ω	5104=5.1M Ω
5604=5.6M Ω	6204=6.2M Ω	6804=6.8M Ω	7504=7.5M Ω
8204=8.2M Ω	9104=9.1M Ω	1005=10M Ω	1006=100M Ω

表二 5%精度电阻丝印-阻值对照表（从左到右，从上到下阻值递增）

注意：此表中的 0 Ω 电阻既不是镅氮氢，也不是 LK-99，是正儿八经只有几毫欧的金属导体！电流流过也会发热的！

显然，后一张表相比于前一张，多了些阻值。这一方面是因为多了一位，精度高了，能造出更精准的小电阻了。另一方面是因为不论 3 位还是 4 位，有 R 时末位都不再是 0 的数量，使得其能够表示的小数的位数直接由 3 位或 4 位决定，而不能像没有 R 时那样疯狂补 0。

但是为什么我把其中一些电阻阻值标红色了呢？因为这些标红了的电阻经常被用到（尤其是 10k Ω 的那款!!），消耗巨大。别想着把它们从电阻本里面薅出来，除非能得心应手的焊接 0402 封装的电阻！将来成为硬件人的时候，也最好自己备上点（勤拿少取，避免浪费）。

相应的，标黑色的电阻在常见的 170 种电阻本里面也很难找到，1 欧以下的毫欧级别的电阻更是经常被作为电流采样电阻而难以见到，制作时大概率要单独购买（什么？不出 BOM 配单一次要买 100 只！剩下的怎么处理？）。设计时也要权衡利弊

标绿色的电阻就是比较常见，但用量不特别大的那种，可以放心食用。

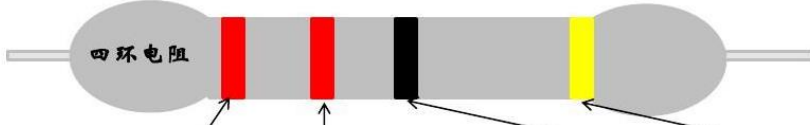
2. 金属膜电阻（色环电阻）

这种老掉牙的，几乎只能在实验室里看到的元件，为什么现在还在用？因为他毕竟体积大，引脚长，能承受更大的功率。这种电阻，即使通电让它消耗 2W 的功率也不会过热损坏。相比之下，一些碳膜电阻能承受 0.25W，而 0805 封装的电阻仅能承受 0.125W。今后选择元件时，无论是

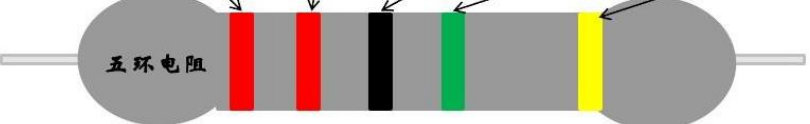


电源芯片还是电感电容，一定要考虑它们所能承受的功率，通过的电流。
否则等待我们的，将是魔法烟雾的芬芳。

下面这张图就是色环电阻的识别方法。



色环环数	第一环	第二环	第三环	乘数	误差率
黑	0	0	0	1	
棕	1	1	1	10	±1%
红	2	2	2	100	±2%
橙	3	3	3	1k	±3%
黄	4	4	4	10k	±4%
绿	5	5	5	100k	
蓝	6	6	6	1M	
紫	7	7	7	10M	
灰	8	8	8	100M	
白	9	9	9	1000M	
金	-1	-1	-1	0.1	±5%
银	-2	-2	-2	0.01	±10%
无色					±20%



图五 色环电阻识别方法

但是为了防止光线不正、颜料老化等问题带来的读数不准，还是尽快把设计中占地又多，焊接又不能自动化的插件电阻换成贴片电阻吧！换个大封装的 2512 电阻或者用锰铜丝电阻。再大点想上几十瓦的，就直接用 TO 封装吧……

你的产品
该升级了

如果还是看不懂怎么办？上万用表！要选择较大且接近的档位！

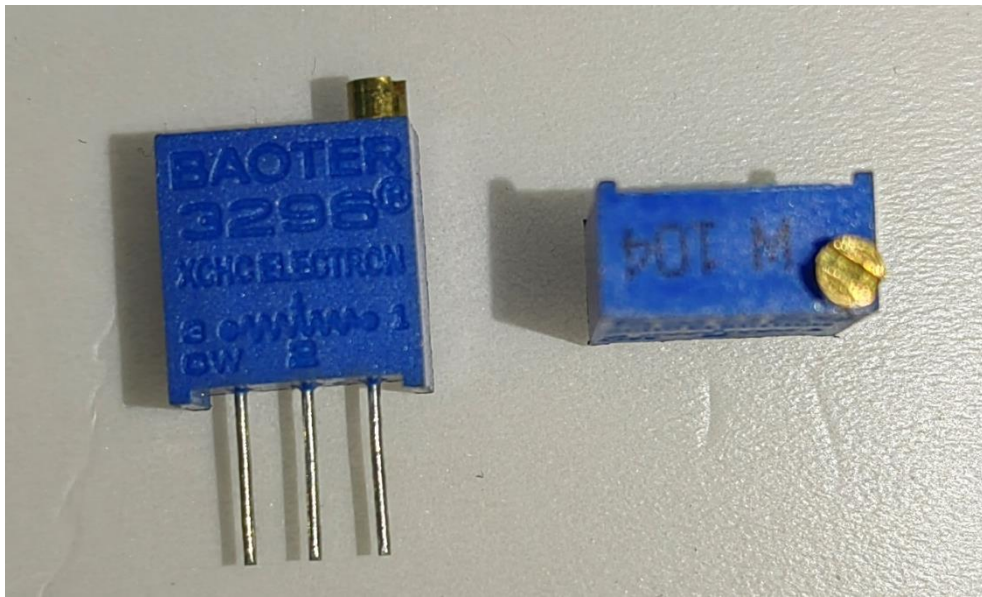
如果万用表都没电了怎么办（呃……这有点常见）？这里有个挺好用的工具网站[在线换算器](#) | [DigiKey Electronics](#)。

记住这家公司的名字！正是因为它的制裁，我们今年的光电设计竞赛，都不能从它们那里买到合适的 LED 灯!!!



3. 3296 电位器（滑动变阻器）

它的引脚排列清楚的印在了外壳上，只要擦亮双眼，就能知道引脚功能。阻值印在顶盖上，跟 3 位数的电阻读数一样。要注意，里面的螺杆没有限位，拧到底了之后手感不会变化，只有测量电阻才能知道。而且时漂不小。打个比方今天拧到一个位置，测量 2、3 脚的阻值后放在那里不动，明天再来测量 2、3 脚的阻值，很可能就不是昨天的数了。电赛测评之前的 30 分钟，恐怕就是给同学们调这玩意的。

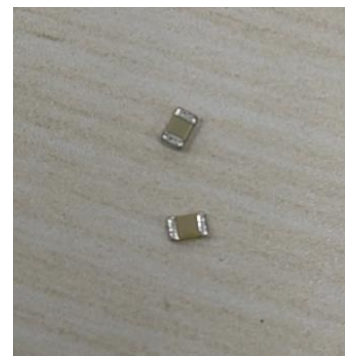


图六 3296 电位器

4.1.2. 电容（0805 贴片、插件铝电解电容）

1. 0805 贴片电容

0805 贴片电容从买到手上开始，就要把他放到标有数值的密封袋/元件册中，且轻易不要从编带中取下（除非手头上全是同一种规格的电容）。它的多层陶瓷的结构决定了上面不能印刷丝印。仅从外观几乎无法辨别不同容值的电容！所以一旦混淆，将无法分辨！



图六 两个电解电容

你猜，上面那两只小小的电容，哪个是 100nF 的，哪个是 1nF 的？？

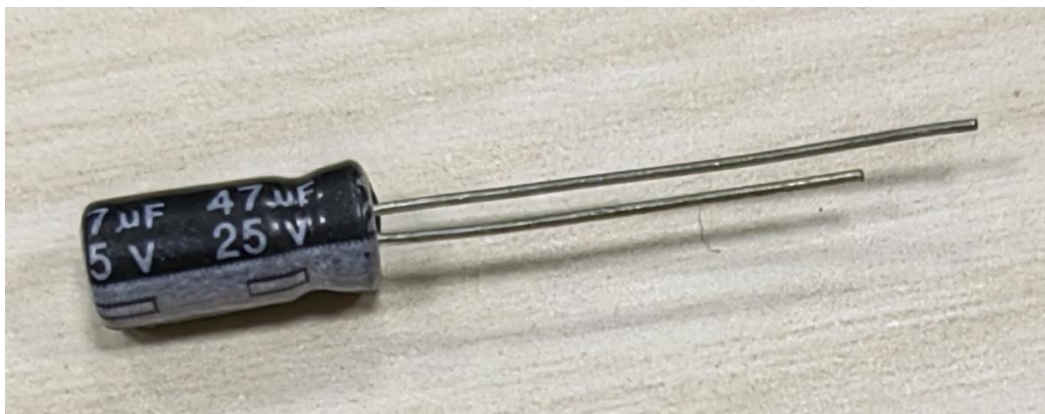
如果仅仅是不知道一个编带上的电容是多大的值，可以拆一个用**数字**



电桥测量（很遗憾，万用表的测电容功能仅仅是个美妙的传说……），但是如果一袋子散装电容都被搞混了，那还是扔掉为妙。

2. 铝电解电容

哦？这不是“环保无纸”电子鞭炮里面的炮仗吗？好在我们只要搞清楚它的正负极和耐压，他就既不是炮仗，也不是“家失器”的出气筒，而是容量巨大的能隔直通交、储存能量、滤除杂波的……电容。

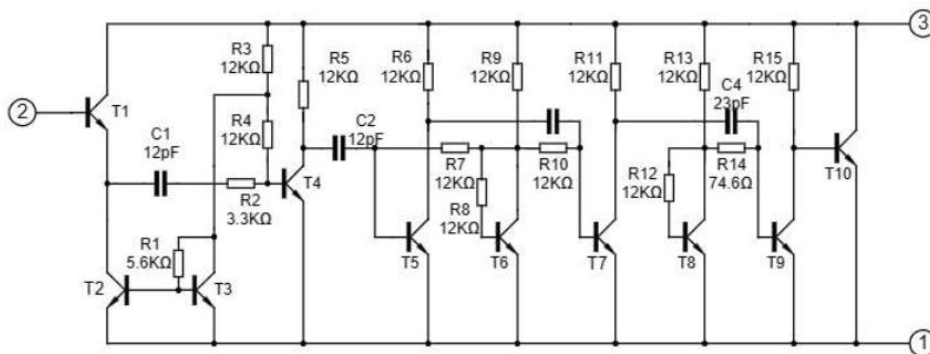


图七 电解电容

如图，热缩膜上单位是电压的那个数据是电容的耐压值，电容正极与负极的电压差不能超过这个值。较长的引脚是正极，较短的引脚是负极。热缩膜上的白线对应的引脚也是负极，电容正极的电压必须大于负极的电压。

4.1.3. TA7612 AM 调频中频处理器

解调，顾名思义，就是把信号从变化的载波中“还原”出来。在这里就是把输入信号的幅度变化检测出来，并且输出。



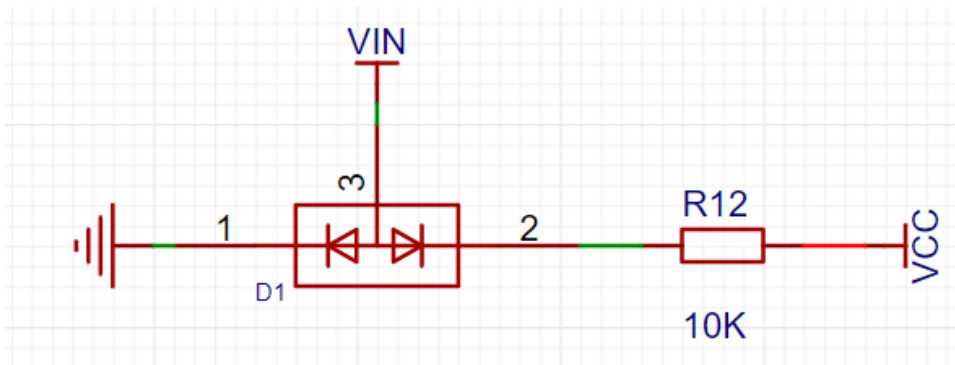
图八 TA7612 内部电路

我们并不需要知道他为什么能解调，只要知道让他解调要给它接成共



射放大电路的样子，给它合适的静态工作点。接成共射放大电路的样子，就是晶体管的发射极接到地，也就是电源负极上。这个条件只要按照给出的电路图连接就可以。合适的静态工作点则是输入的电压/电流除了正弦量，而且还要有一个合适大小的直流量。

为什么要有那个直流量呢？上图是内部电路，输入是一个晶体管，NPN 的结构，无异于是两个背靠背的二极管。



图九 两个背靠背的二极管

想想我们高中学过的二极管，如果发生那种事，VIN 小于地，两个二极管都打不开。这时候信号都输不进去，还放大什么？更何况二极管还有开启电压，硅管只有在正向电压大于 0.7 伏左右才能打开。要放大，至少要让信号输入进去。要让信号输入进去，就要让 3 和 1 之间，就是 T1 的箭头打开，就要让信号最小的时候也能保证打开晶体管。给信号加上直流量，相位就算超过 180 度也不会关断输入，信号就可以一直放大了！这样就导致在这个电路里，我们需要调整那个电位器。

这块小芯片详细的参数还是看下页的数据手册吧！



TA7642 AM调频中频处理器芯片

TA7642 Radio IC

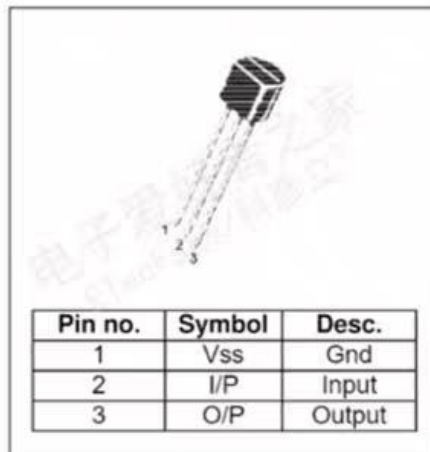
The TA7642 is an AM radio IC in a TO92 package which requires very few external components to make a complete pocket radio.

Features:

- low operating voltage – down to 1.3V
- low quiescent current – 0.2mA
- very few external components required

Maximum ratings:

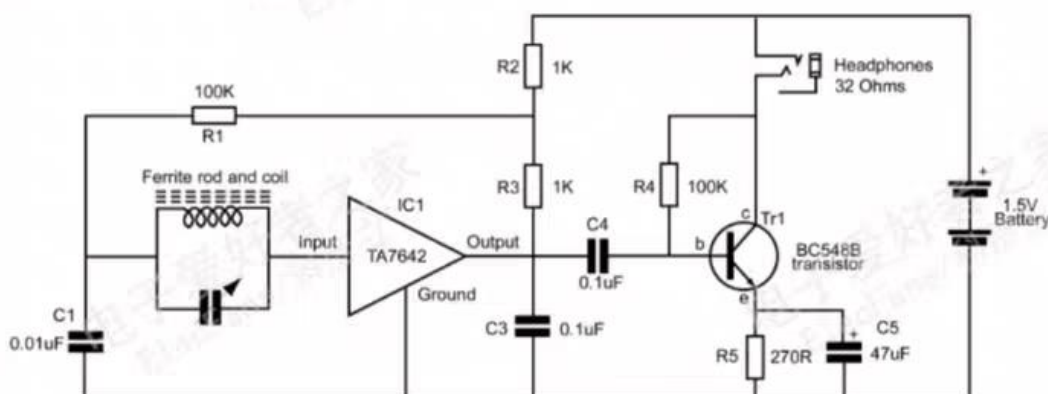
Parameters	Min.	Max.	Unit
Supply voltage		6	V
Operating temp.	-10	60	°C
Storage temp.	-55	150	°C



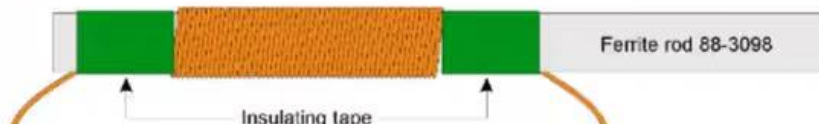
Electrical Characteristics:

Parameters	Symbol	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Supply voltage	V_{CC}		1.2	1.3	1.6	V
Quiescent current	I_{CCQ}	$V_i = 0$	0.14	0.20	0.30	mA
Input resistance	R_i		-	3	-	$M\Omega$
Maximum sensitivity	S_M	$V_{OD} = 3mV$	-	600	-	V
Detector output voltage	V_{OD}	$V_i = 10mV$	5	15	30	mV
AGC Range	A		-	30	-	dB

Example circuit:



The coil needs approximately 55 turns of 0.315 (30 SWG) of enamelled copper wire on a 100 x 10mm ferrite rod. A process of trial and error will help you achieve the optimum number of windings.

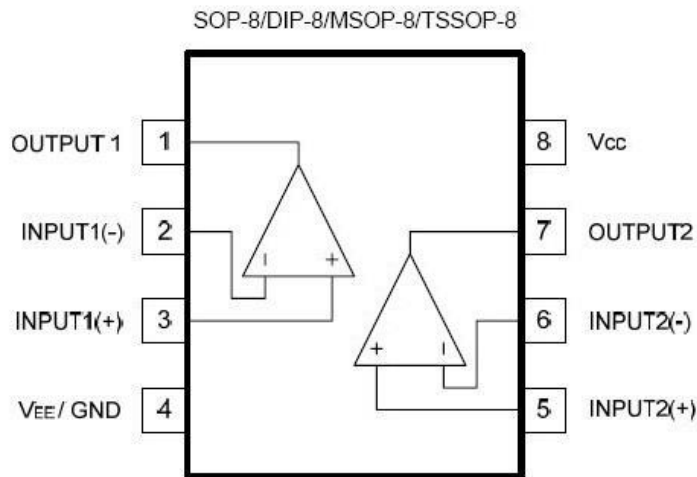


图十 数据手册



4.1.4. LM358 运算放大器

引脚图如下：



图十一 引脚分布

运放在电路分析课会学，这里还是 b 站大学提前学吧。

识别引脚的时候，芯片要正面朝上，此时他顶部有个凹槽，凹槽左边的引脚就是第一脚，那里也可能有一个圆点。

5. 温馨提示

电路在焊接的时候建议尽量使用刀头烙铁。电路图可能看起来挺复杂的，都一样，不用担心，如果还是心里没底，可以自己提前画个电路草图，方便焊接的时候看，电源用排针代替焊接，正极一排，负极一排，最后用学生电源供电。有几个提醒的地方，一个是三极管的不同引脚分辨好，电路图中的引脚对应好，还有电解电容和扬声器的正负极也分辨好。**郑重强调：电解电容别焊反，会炸，会炸！还没过年，别整几个炮仗出来。**

最后，祝学妹学弟们，焊接成功，每个人都坚持下来，会有意想不到的收获，希望每个人都是满分!!!