



## 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

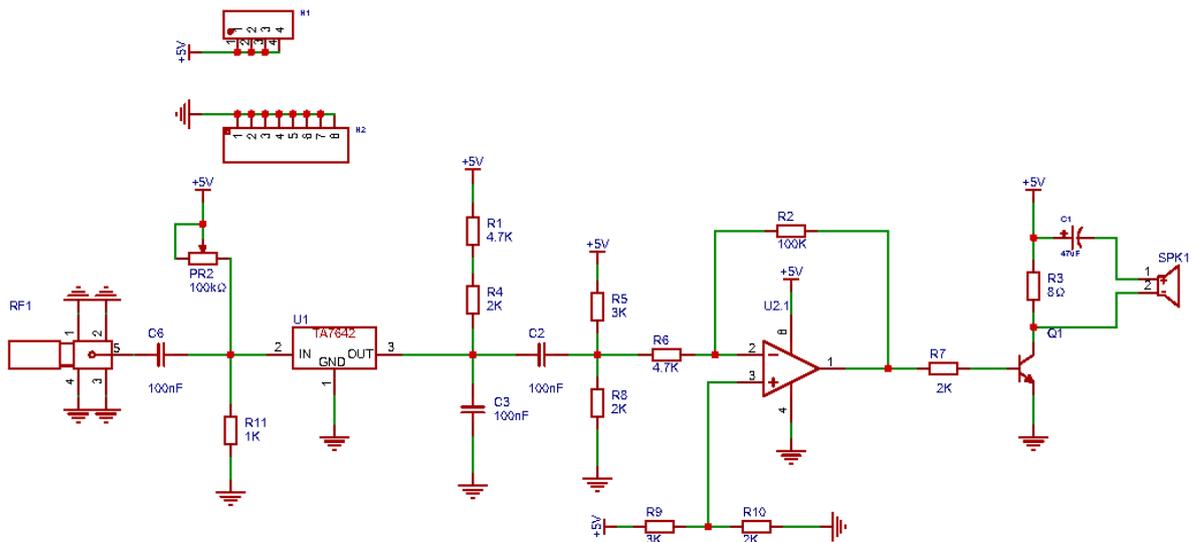
通过立创 EDA 或 Altium Designer 绘制 PCB 电路板并投板焊接完成



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 47uF	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

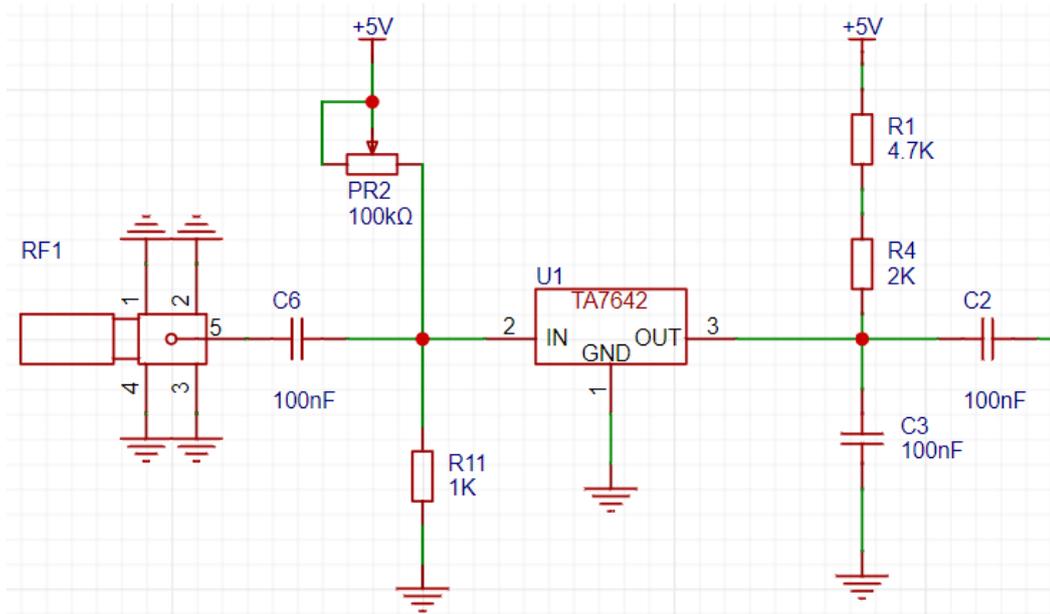


排针（用于外接 5 伏电源和地）	若干（请自取）
M3 螺丝	1
散热片	1

表一 元器件清单

### 3.3. 原理图分解

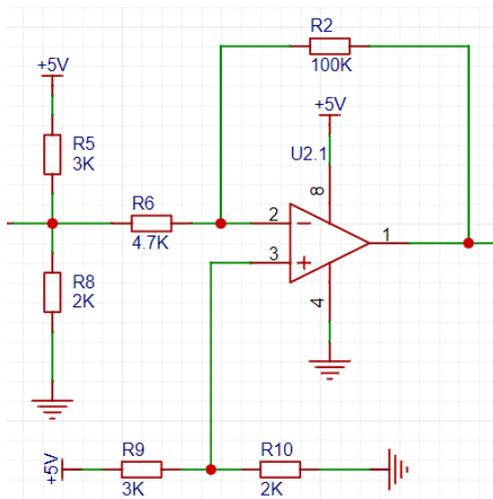
#### 1. 解调电路



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。

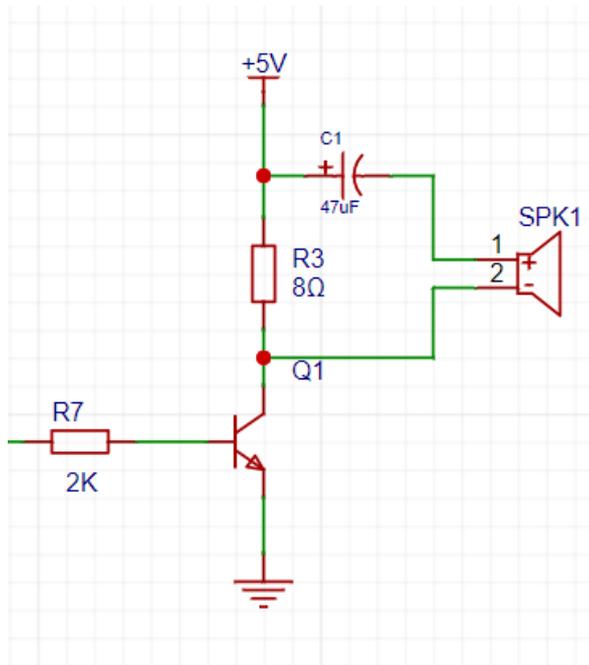
#### 2. 电压放大级



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。

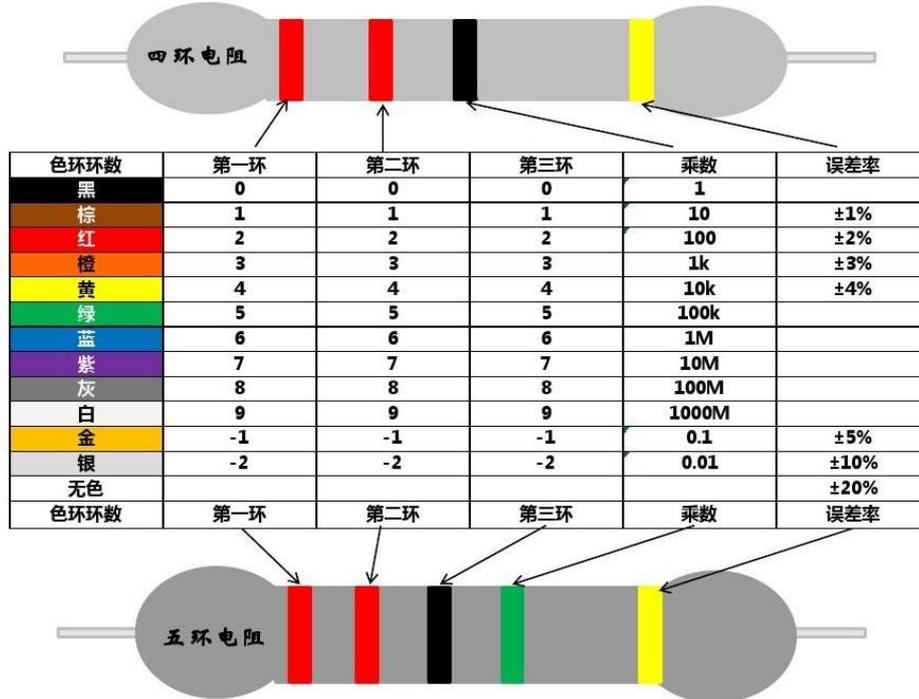
## 2. 金属膜电阻（色环电阻）

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。



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！

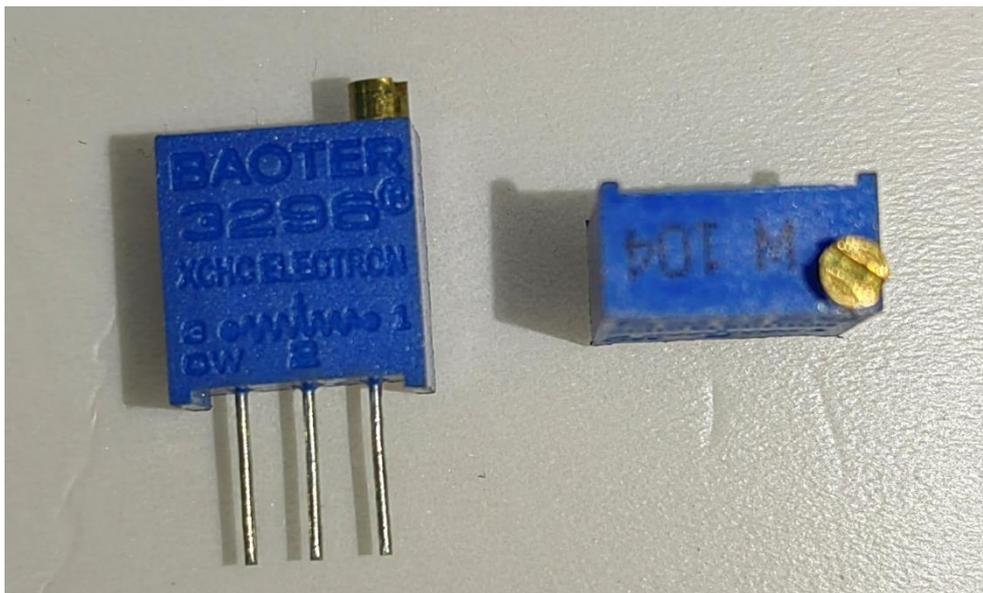
如果万用表都没电了怎么办（呃……这有点常见）？这里有个挺好用的工具网站[在线换算器 | DigiKey Electronics](#)。

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。

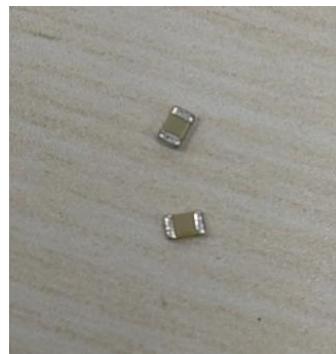


图六 3296 电位器

## 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。

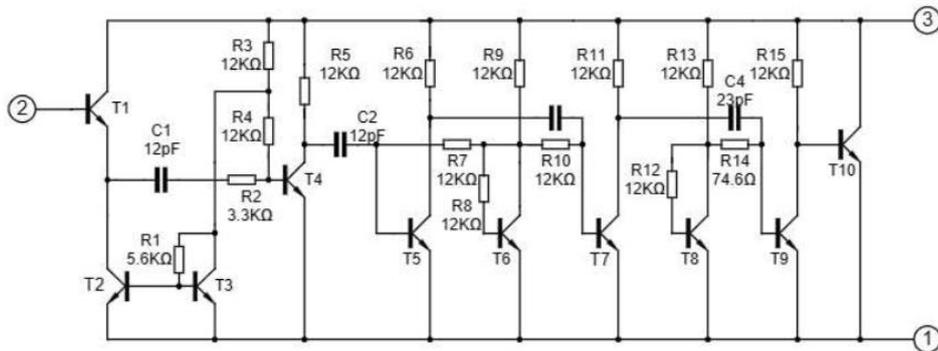


图七 电解电容

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。



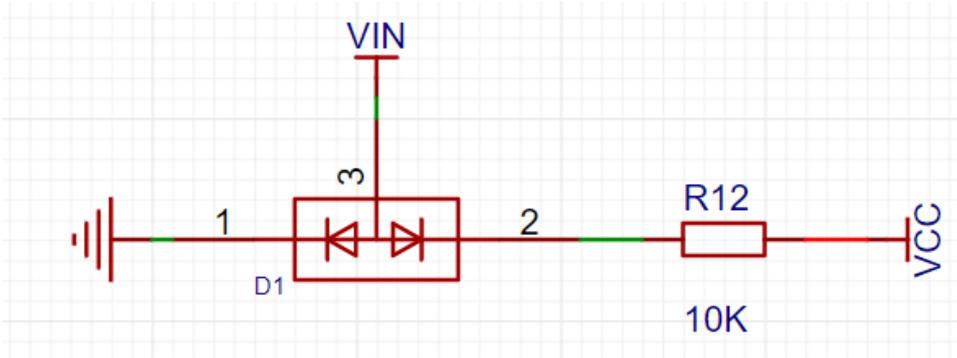
图八 TA7612 内部电路

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

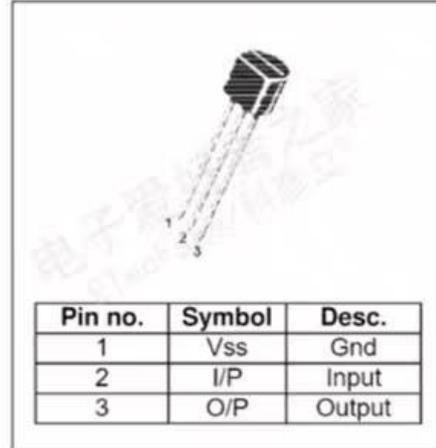
The TA7642 is an AM radio IC in a TO92 package which requires very few external components to make a complete pocket radio.

### Features:

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

### Maximum ratings:

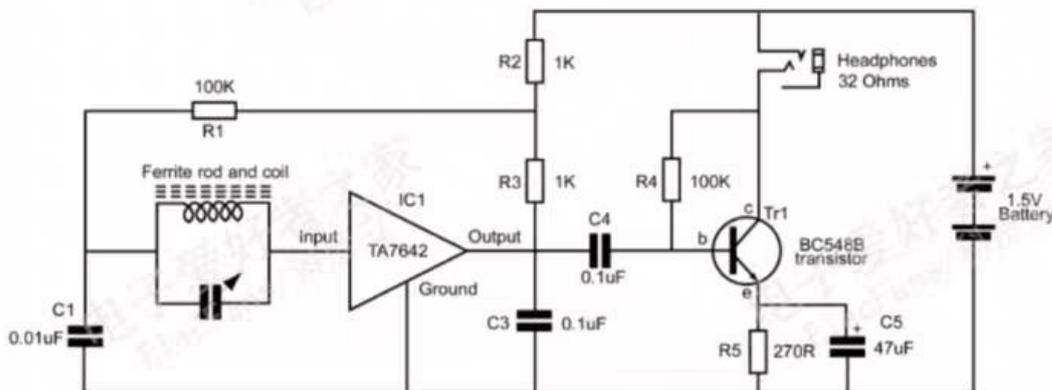
Parameters	Min.	Max.	Unit
Supply voltage		6	V
Operating temp.	-10	60	°C
Storage temp.	-55	150	°C



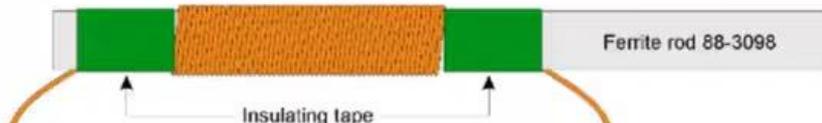
### Electrical Characteristics:

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	-	MΩ
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.

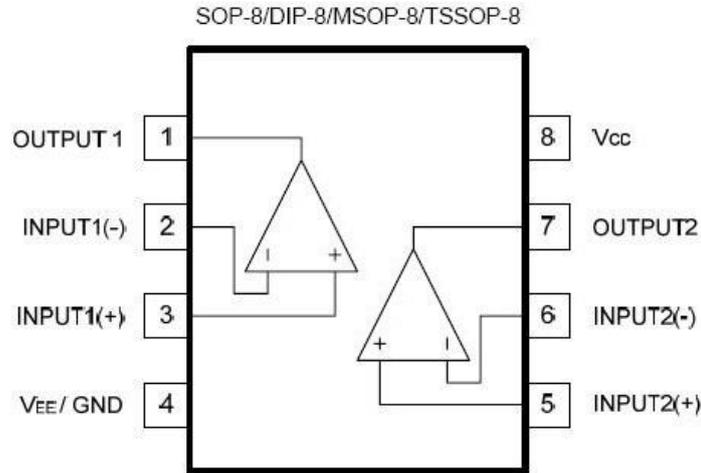


图十 数据手册



#### 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!!!