

# 逆变器的原理图



一 市场上常见款式车载逆变器产品的主要  
输入电压: DC 10V~14.5V; 输出电压  
50Hz $\pm$ 5%; 输出功率: 70W ~150W; 转换  
50kHz。

## 二 常见车载逆变电源产品的电路图及工作原理

目前市场上销售量最大、最常见的车载逆变电源的输出功率为 70W—150W, 逆变电源电路中主要采用 TL494 或 KA7500 芯片为主的脉宽调制电路。一款最常见的车载逆变电源电路原理图见图 1。

车载逆变电源的整个电路大体上可分为两大部分, 每部分各采用一只 TL494 或 KA7500 芯片组成控制电路, 其中第一部分电路的作用是将汽车电瓶等提供的 12V 直流电, 通过高频 PWM (脉宽调制) 开关电源技术转换成 30kHz—50kHz、220V 左右的交流电; 第二部分电路的作用则是利用桥式整流、滤波、脉宽调制及开关功率输出等技术, 将 30kHz~50kHz、220V 左右的交流电转换成 50Hz、220V 的交流电。

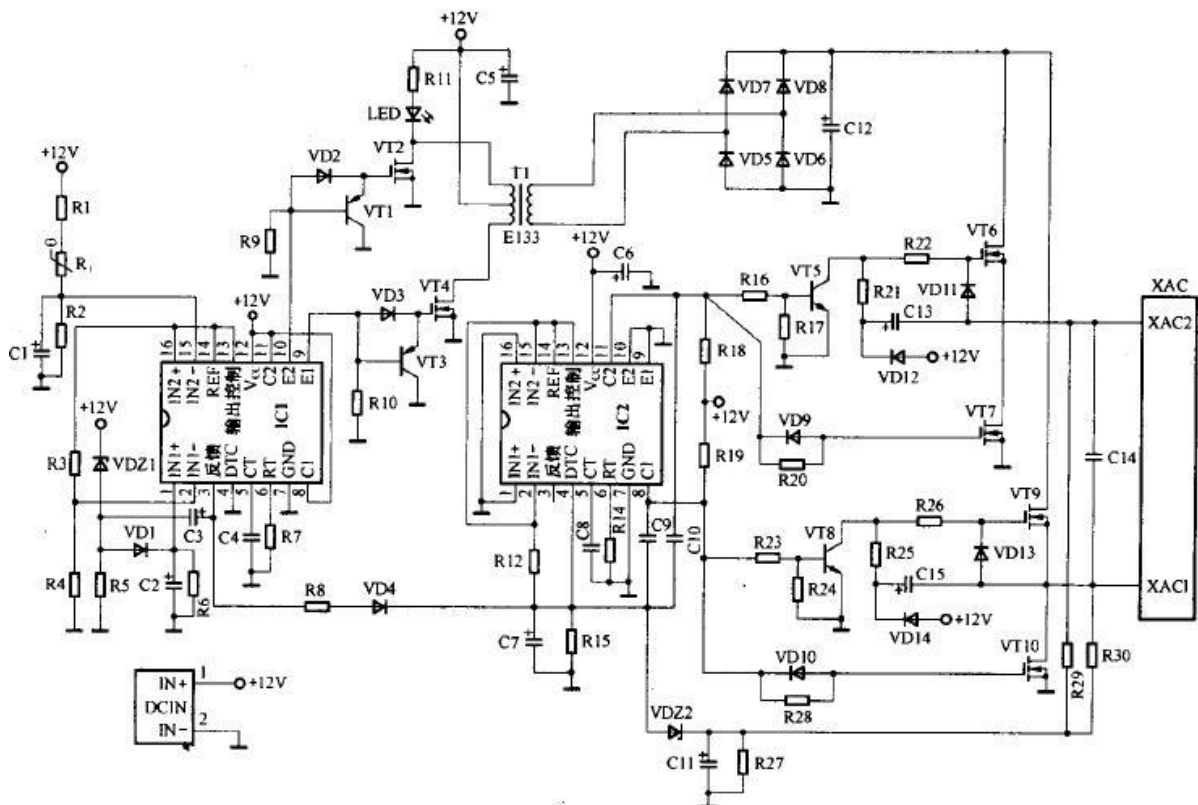


图 1

## 1. 车载逆变电源电路工作原理

图 1 电路中, 由芯片 IC1 及其外围电路、三极管 VT1、VT3、MOS 功率管 VT2、VT4 以及变压器 T1 组成 12V 直流变换为 220V/50kHz 交流的逆变电路。由芯片 IC2 及其外围电路、三极管 VT5、VT8、MOS 功率管 VT6、VT7、VT9、VT10 以及 220V/50kHz 整流、滤波电路 VD5—VD8、C12 等共同组成 220V/50kHz 高频交流电变换为 220V/50Hz 工频交流电的转换电路, 最后通过 XAC 插座输出 220V/50Hz 交流电供各种便携式电器使用。

图 1 中 IC1、IC2 采用了 TL494CN(或 KA7500C) 芯片, 构成车载逆变电源的核心控制电路。TL494CN 是专用的双端式开关电源控制芯片, 其尾缀字母 CN 表示芯片的封装外形为双列直插式塑封结构, 工作温度范围为  $0^{\circ}\text{C}$ ~ $70^{\circ}\text{C}$ , 极限工作电源电压为  $7\text{V}\sim 40\text{V}$ , 最高工作频率为  $300\text{kHz}$ 。

TL494 芯片内置有  $5\text{V}$  基准源, 稳压精度为  $5\text{V}\pm 5\%$ , 负载能力为  $10\text{mA}$ , 并通过其 14 脚进行输出供外部电路使用。TL494 芯片还内置 2 只 NPN 功率输出管, 可提供  $500\text{mA}$  的驱动能力。TL494 芯片的内部电路如图 2 所示。

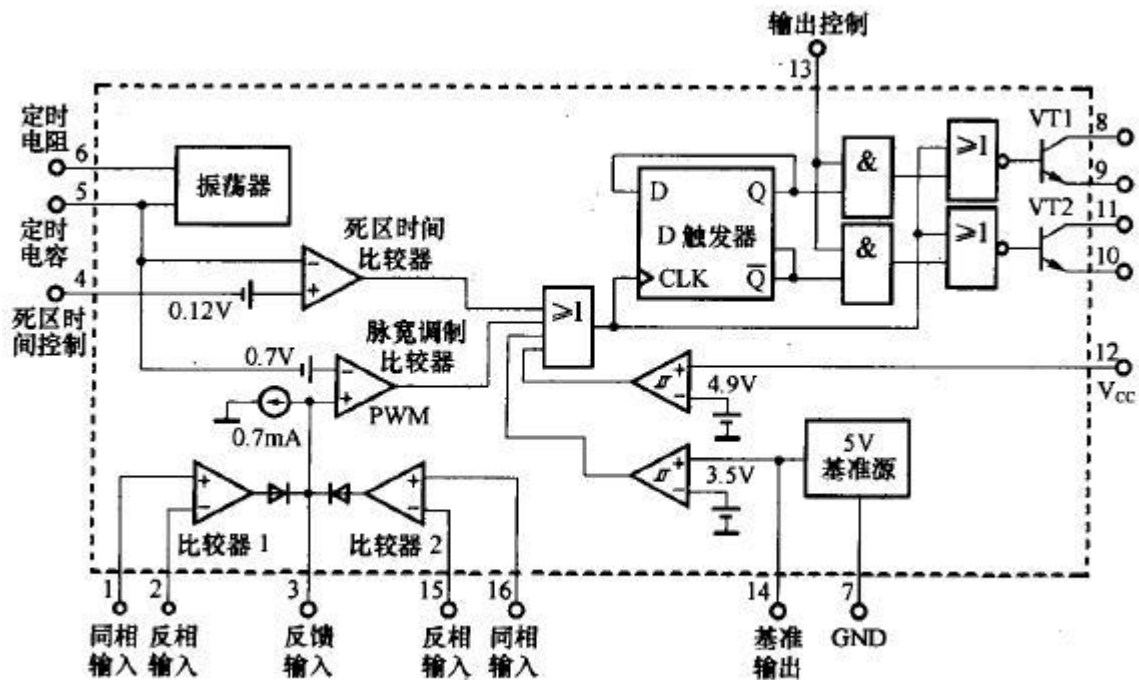


图 2

图 1 电路中 IC1 的 15 脚外围电路的 R1、C1 组成上电软启动电路。上电时电容 C1 两端的电压由  $0\text{V}$  逐步升高, 只有当 C1 两端电压达到  $5\text{V}$  以上时, 才允许 IC1 内部的脉宽调制电路开始工作。当电源断电后, C1 通过电阻 R2 放电, 保证下次上电时的软启动电路正常工作。

IC1 的 15 脚外围电路的 R1、Rt、R2 组成过热保护电路, Rt 为正温度系数热敏电阻, 常温阻值可在  $150\ \Omega\sim 300\ \Omega$  范围内任选, 适当选大些可提高过热保护电路启动的灵敏度。

热敏电阻 Rt 安装时要紧贴于 MOS 功率开关管 VT2 或 VT4 的金属散热片上, 这样才能保证电路的过热保护功能有效。

IC1 的 15 脚的对地电压值  $U$  是一个比较重要的参数, 图 1 电路中  $U \approx V_{CC} \times R_2 \div (R_1 + R_t + R_2)V$ , 常温下的计算值为  $U \approx 6.2V$ 。结合图 1、图 2 可知, 正常工作情况下要求 IC1 的 15 脚电压应略高于 16 脚电压(与芯片 14 脚相连为 5V), 其常温下 6.2V 的电压值大小正好满足要求, 并略留有一定的余量。

当电路工作异常, MOS 功率管 VT2 或 VT4 的温升大幅提高, 热敏电阻  $R_t$  的阻值超过约  $4k\Omega$  时, IC1 内部比较器 1 的输出将由低电平翻转为高电平, IC1 的 3 脚也随即翻转为高电平状态, 致使芯片内部的 PWM 比较器、“或”门以及“或非”门的输出均发生翻转, 输出级三极管 VT1 和三极管 VT2 均转为截止状态。当 IC1 内的两只功率输出管截止时, 图 1 电路中的 VT1、VT3 将因基极为低电平而饱和导通, VT1、VT3 导通后, 功率管 VT2 和 VT4 将因栅极无正偏压而处于截止状态, 逆变电源电路停止工作。

IC1 的 1 脚外围电路的 VDZ1、R5、VD1、C2、R6 构成 12V 输入电源过压保护电路, 稳压管 VDZ1 的稳压值决定了保护电路的启动门限电压值, VD1、C2、R6 还组成保护状态维持电路, 只要发生瞬间的输入电源过压现象, 保护电路就会启动并维持一段时间, 以确保后级功率输出管的安全。考虑到汽车行驶过程中电瓶电压的正常变化幅度大小, 通常将稳压管 VDZ1 的稳压值选为 15V 或 16V 较为合适。

IC1 的 3 脚外围电路的 C3、R5 是构成上电软启动时间维持以及电路保护状态维持的关键性电路, 实际上不管是电路软启动的控制还是保护电路的启动控制, 其最终结果均反映在 IC1 的 3 脚电平状态上。电路上电或保护电路启动时, IC1 的 3 脚为高电平。当 IC1 的 3 脚为高电平时, 将对电容 C3 充电。这导致保护电路启动的诱因消失后, C3 通过 R5 放电, 因放电所需时间较长, 使得电路的保护状态仍得以维持一段时间。

当 IC1 的 3 脚为高电平时, 还将沿 R8、VD4 对电容 C7 进行充电, 同时将电容 C7 两端的电压提供给 IC2 的 4 脚, 使 IC2 的 4 脚保持为高电平状态。从图 2 的芯片内部电路可知, 当 4 脚为高电平时, 将抬高芯片内死区时间比较器同相输入端的电位, 使该比较器输出保持为恒定的高电平, 经“或”门、“或非”门后使内置的三极管 VT1 和三极管 VT2 均截止。图 1 电路中的 VT5 和 VT8 处于饱和导通状态, 其后级的 MOS 管 VT6 和 VT9 将因栅极无正偏压而都处于截止状态, 逆变电源电路停止工作。

IC1 的 5 脚外接电容 C4(472)和 6 脚外接电阻 R7(4k3)为脉宽调制器的定时元件, 所决定的脉宽调制频率为  $f_{osc} = 1.1 \div (0.0047 \times 4.3)kHz \approx 50kHz$ 。即电路中的三极管 VT1、VT2、VT3、VT4、变压器 T1 的工作频率均为 50kHz 左右, 因此 T1 应选用高频铁氧体磁芯变压器, 变压器 T1 的作用是将 12V 脉冲升压为 220V 的脉冲, 其初级匝数为  $20 \times 2$ , 次级匝数为 380。

IC2 的 5 脚外接电容 C8(104)和 6 脚外接电阻 R14(220k)为脉宽调制器的定时元件, 所决定的脉宽调制频率为  $f_{osc} = 1.1 \div (C8 \times R14) = 1.1 \div (0.1 \times 220)kHz \approx 50Hz$ 。

R29、R30、R27、C11、VDZ2 组成 XAC 插座 220V 输出端的过压保护电路, 当输出电压过高时将导致稳压管 VDZ2 击穿, 使 IC2 的 4 脚对地电压上升, 芯片 IC2 内的保护电路动作, 切断输出。

车载逆变电源电路中的 MOS 管 VT2、VT4 有一定的功耗, 必须加装散热片, 其他器件均不需要安装散热片。当车载逆变电源产品持续应用于功率较大的场合时, 需在其内部加装 12V 小风扇以帮助散热。



## 2. 电路中的元器件参数

电路中各元器件的参数列于附表。

附表

器件代号	器件参数	器件代号	器件参数	器件代号	器件参数
C1	22uF/16V	VD13	1N4148	R12	470k
C2	47uF/16V	VD14	FR107	R14	220k
C3	47uF/16V	VDZ1	15V/0.5W	R15、R16	10k
C4	472	VDZ2	30V/0.5W	R17	4k7
C5	2200uF/16 V	IC1、IC2	TL494CN或KA7500C	R18、R19	1k
C6	47uF/16 V	IC1、IC2	TL494CN或KA7500C	R20	3k3
C7	47uF/16 V	VT1、VT3	SS8550	R21	4k7
C8	104	VT2、VT4	IRFZ48N	R22	1k
C9	103	VT6、VT7	IRF740A	R23	10k
C10	103	VT5、VT8	KSP44	R24、R25	4k7
C11	0.22uF	VT9、VT10	IRF740A	R26	1k
C12	10uF/400V	R1	36k	R27	18k
C13	10uF/50V	R2	39k	R28	3k3
C14	103/1000V	R3	100k	R29、R30	100k
C15	10uF/50V	R4	270	Rt	150 $\Omega$ ~ 300 $\Omega$
VD1 ~ VD4	1N4148	R5	100k		
VD5 ~ VD8	HER306	R6	4k7		
VD9 ~ VD11	1N4148	R7	4k3		
VD12	FR107	R8 ~ R11	4k7		

## 三. 车载逆变器产品的维修要点

由于车载逆变电源电路一般都具有上电软启动功能，因此在接通电源后要等 5s-30s 后才会有交流 220V 的输出，同时 LED 指示灯点亮。当 LED 指示灯不亮时，则表明逆变电路没有工作。

当接通电源 30s 以上，LED 指示灯还没有点亮时，则需要测量 XAC 输出插座处的交流电压值，若该电压值为正常的 220V 左右，则说明仅仅是 LED 指示灯部分的电路出现了故障；若经测量 XAC 输出插座处的交流电压值为 0，则说明故障原因为逆变电源前级的逆变电路没有工作，可能是芯片 IC1 内部的保护电路已经启动。

判断芯片 IC1 内部保护电路是否启动的方法是：用万用表的直流电压挡测量芯片 IC1 的 3 脚对地直流电压值，若该电压在 1V 以上则说明芯片内部的保护电路已经启动了，否则说明故障原因是非保护电路动作所致。

若芯片 IC1 的 3 脚对地电压值在 1V 以上，表明芯片内部的保护电路已启动时，需进一步用万用表的直流电压挡测试芯片 IC1 的 15、16 脚之间的直流电压，以及芯片 IC1 的 1、2 脚之间的直流电压。正常情况下，图 1 电路中芯片 IC1 的 15 脚对地直流电压应高于 16 脚对地直流电压，2 脚对地的直流电压应高于 1 脚对地的直流电压，只有当这两个条件同时得到满足时，芯片 IC1 的 3 脚对地直流电压才能为正常的 0V 左右，逆变电路才能正常工作。若发现某测试电压不满足上述关系时，只需按相应支路去查找故障原因，即可解决问题。

#### 四. 车载逆变电源产品的主要元器件参数及代换

图 1 电路中的主要器件有驱动管 SS8550、KSP44，MOS 功率开关管 IRFZ48N、IRF740A，快恢复整流二极管 HER306 以及 PWM 控制芯片 TL494CN (或 KA7500C)。

SS8550 为 T0-92 形式封装的 PNP 型三极管。其引脚电极的识别方法是，当面向三极管的印字标识面时，引脚 1 为发射极 E、2 为基极 B、3 为集电极 C。

SS8550 的主要参数指标为：BVCB0=-40V，BVCE0=-25V，VCE(S)=-0.28V，VBE(ON)=-0.66V， $f_T=200\text{MHz}$ ， $I_{CM}=1.5\text{A}$ ， $PCM=1\text{W}$ ， $T_J=150^\circ\text{C}$ ， $hFE=85\sim 160(B)$ 、 $120\sim 200(C)$ 、 $160\sim 300(D)$ 。

与 T0-92 形式封装的 SS8550 相对应的表贴器件型号为 S8550LT1，其封装形式为 SOT-23。

SS8550 为目前市场上较为常见、易购的三极管，价格也比较便宜，单只售价仅 0.3 元左右。

KSP44 为 T0-92 形式封装的 NPN 型三极管。其引脚电极的识别方法是，当面向三极管的印字标识面时，其引脚 1 为发射极 E、2 为基极 B、3 为集电极 C。

KSP44 的主要参数指标为：BVCB0=500V，BVCE0=400V，VCE(S)=0.5V，VBE(ON)=0.75V， $I_{CM}=300\text{mA}$ ， $PCM=0.625\text{W}$ ， $T_J=150^\circ\text{C}$ ， $hFE=40\sim 200$ 。

KSP44 为电话机中常用的高压三极管，当 KSP44 损坏而无法买到时，可用日光灯电路中常用的三极管 KSE13001 进行代换。KSE13001 为 FAIRCHILD 公司产品，主要参数为 BVCB0=400V，BVCE0=400V， $I_{CM}=100\text{mA}$ ， $PCM=0.6\text{W}$ ， $hFE=40\sim 80$ 。KSE13001 的封装形式虽然同样为 T0-92，但其引脚电极的排序却与 KSP44 不同，这一点在代换时要特别注意。KSE13001 引脚电极的识别方法是，当面向三极管的印字标识面时，其引脚电极 1 为基极 B、2 为集电极 C、3 为发射极 E。

IRFZ48N 为 T0-220 形式封装的 N 沟道增强型 MOS 快速功率开关管。其引脚电极排序 1 为栅极 G、2 为漏极 D、3 为源极 S。IRFZ48N 的主要参数指标为：VDSS=55V， $I_D=66\text{A}$ ， $P_{tot}=140\text{W}$ ， $T_J=175^\circ\text{C}$ ， $R_{DS(ON)}\leq 16\text{m}\Omega$ 。

当 IRFZ48N 损坏无法买到时，可用封装形式和引脚电极排序完全相同的 N 沟道增强型 MOS 开关管 IRF3205 进行代换。IRF3205 的主要参数为 VDSS=55V， $I_D=110\text{A}$ ， $R_{DS(ON)}\leq 8\text{m}\Omega$ 。其市场售价仅为每只 3 元左右。

IRF740A 为 T0-220 形式封装的 N 沟道增强型 MOS 快速功率开关管。其引脚电极排序 1 为栅极 G、2 为漏极 D、3 为源极 S。

IRF740A 的主要参数指标为：VDSS=400V， $I_D=10\text{A}$ ， $P_{tot}=120\text{W}$ ， $R_{DS(ON)}\leq 550\text{m}\Omega$ 。

当 IRF740A 损坏无法买到时，可用封装形式和引脚电极排序完全相同的 N 沟道增强型 MOS 开关管 IRF740B、IRF740 或 IRF730 进行代换。IRF740、IRF740B 的主要参数与 IRF740A 完全相同。IRF730 的主要参数为 VDSS=400V， $I_D=5.5\text{A}$ ， $R_{DS(ON)}\leq 1\Omega$ 。其中 IRF730 的参数虽然与 IRF740 系列的相比略差，但对于 150W 以下功率的逆变电源来说，其参数指标已经是绰绰有余了。

HER306 为 3A、600V 的快恢复整流二极管，其反向恢复时间  $T_{rr}=100\text{ns}$ ，可用 HER307(3A、800V)或者 HER308(3A、1000V)进行代换。对于 150W 以下功率的车载逆变电源，其中的快恢复二极管 HER306 可以用 BYV26C 或者最容易购买到的 FR107 进行代换。BYV26C 为 1A、600V 的快恢复整流二极管，其反向恢复时间  $T_{rr}=30\text{ns}$ ；FR107 为 1A、1000V 的快恢复整流二极管，其反向恢复时间=100ns。从器件的反向恢复时间这一参数指标考虑，代换时选用 BYV26C 更为合适些。

TL494CN、KA7500C 为 PWM 控制芯片。对目前市场上的各种车载逆变器产品

进行剖析可以发现，有的车载逆变电源产品中使用了两只 TL494CN 芯片，有的是使用了两只 KA7500C 芯片，还有的是两种芯片各使用了一只，更为离奇的是，有的产品中居然故弄玄虚，将其中一只 TL494CN 或者 KA7500C 芯片的标识进行了打磨，然后标上各种古怪的芯片型号，让维修人员倍感困惑。实际上只要对照芯片的外围电路一看，就知道所用的芯片必定是 TL494CN 或者 KA7500C。

经仔细查阅、对比 TL494CN、KA7500C 两种芯片的原厂 pdf 资料，发现这两种芯片的外部引脚排列完全相同，就连其内部的电路也几乎完全相同，区别仅仅是两种芯片的内部运放输入端的基准源大小略微有点差别，对电路的功能和性能没有影响，因此这两种芯片完全可以相互替代使用，并且代换时芯片的外围电路的参数不必做任何的修改。经实际使用过程中的成功代换经验，也证实了这种代换的可行性和代换后电路工作性能的可靠性。

由于目前市场上已经很难找到 KA7500C 芯片了，并且即使能够买到，其价格也至少是 TL494CN 芯片的两倍以上，因此这里介绍的使用 TL494CN 直接代换 KA7500C 芯片的成功经验和方法，对于车载逆变电源产品的生产厂商和广大维修人员来说确实是一个很好的消息。