

基于 MOSFET 和变压器的逆变器

The Inverter Based on MOSFET and Power Transformer

高适 供稿

摘要：文章介绍一种由 MOSFET 和电源变压器构建的逆变器的工作原理和设计制造。其输出功率由 MOSFET 和电源变压器的功率决定，因其制作简单，也很适合业余电子技术爱好者制作与应用。

关键词：MOSFET，电源变压器，逆变器，输出功率

中图分类号：TM4 文献标识码：B 文章编号：1606-7517(2014)05-3-123

图 1 所示为主要由 MOS 场效应管和普通电源变压器构建的逆变器，其输出功率取决于 MOS 场效应管和电源变压器的功率。

该设计图采用 CD4069 模块构建方波信号发生器。电路中的 R_1 是补偿电阻，用作改善因为电源电压的变化而引起的震荡频率的不稳定。

电路的震荡是通过电容器 C_1 充放电完成的，其震荡频率 $f=1/2.2RC$ 。如图 2 之电路的最高频率 $f_{\max}=1/2.2 \times 103 \times 2.2 \times 10^{-6}=62.6\text{Hz}$ ；最低频率 $f_{\min}=1/2.2 \times 4.3 \times 103 \times 2.2 \times 10^{-6}=48.0\text{Hz}$ 。但由于元器件存在误差，实际值会与此略有差异，为避免影响其它电路，输入端应接地。

由于方波信号发生器输出的振荡信号电压的最大振幅为 0~5V，为了充分驱动电源开关电路，在此用 TR1、TR2 将振荡信号电压提升至 0~12V，如图 3 所示。

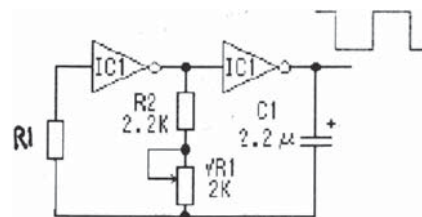


图 2

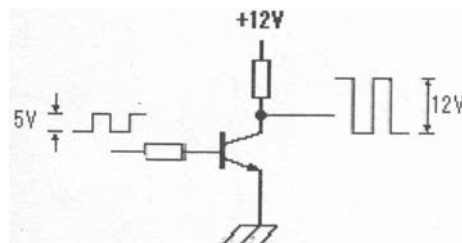


图 3

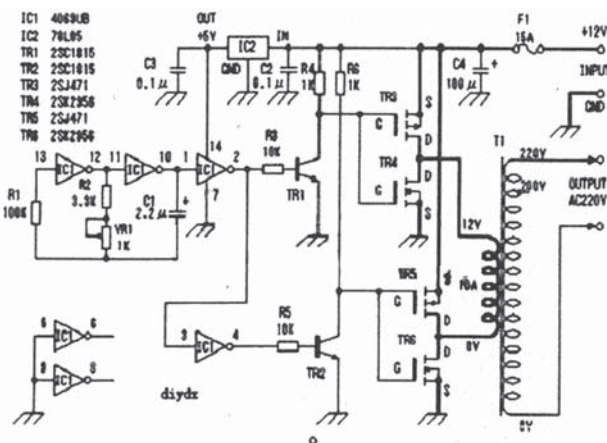


图 1 由 MOSFET 和电源变压器构成的逆变器

MOS 场效应管是本逆变器设计制作的核心部件，故在此首先简要阐述一下 MOS 场效应管的工作原理：MOS 场效应管即 MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor，即金属氧化物半导体场效应晶体管)，有耗尽型和增强型两种，本文设计的逆变器所使用的是增强型 MOSFET，其内部结构如图 4 所示。

MOSFET 可以分为 NPN 型和 PNP 型。NPN 型通常称为 N 沟道型，PNP 型则通常称为 P 沟道型。从图 4 可以看到，在 N 沟道型的场效应管中，其源极和漏极接在 N 型半导体上，而对于 P 沟道场效应管，其源极和漏极则接在 P 型半导体上。众所周知，一般三极管是由输入电流控制输出

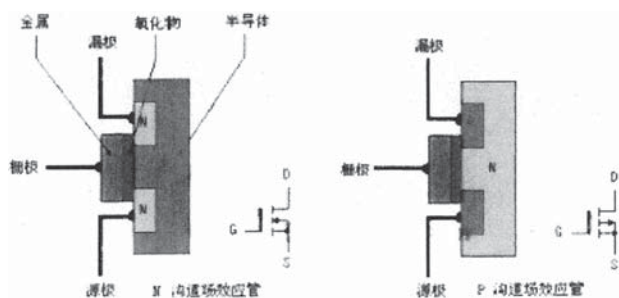


图 4

电流,但对于场效应管而言,其输出电流是由输入电压(或称为场电压)控制的,可以认为,输入电流极小或者没有输入电流,这就使得该器件有很大的输入阻抗,这也就是被人们称其为场效应管的原因。现在,我们先叙述仅含一个P—N结的二极管的工作过程,以解释MOSFET的工作原理,如图5所示。众所周知,在二极管上加正向电压(即P端接正极,N端接负极)时,二极管导通,这时P—N结有电流通过。这是因为在P型半导体端为正电压时,N型半导体内的负电子被吸引而涌向加有正电压的P型半导体端,而P型半导体端内的正电子则向N型半导体端运动,这样就形成了导通电流。同样的原理,当二极管加上反向电压(即P端接负极,N端接正极)时,此时在P型半导体端为负电压,正电子被聚集在P型半导体端,负电子则聚集在N型半导体端,电子不移动,即P—N结没有电流流过,二极管为截止状态。

图6所示为MOSFET的结构示意图。从前面的分析可知,在栅极没有施加电压时,在源极与漏极之间不会有电流流过,此时的MOSFET处于截止状态(见图6a)。当以一个正电压加在N沟道的MOSFET栅极上时,由于电场的作用,这时N型半导体的源极和漏极的负电子被吸引出来涌向栅极,但由于管内氧化膜的阻挡,使得电子聚集在两个N沟道之间的P型半导体中(见图6b所示),从而形成电流,

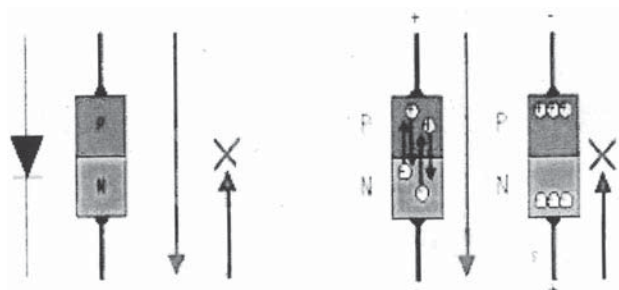


图 5

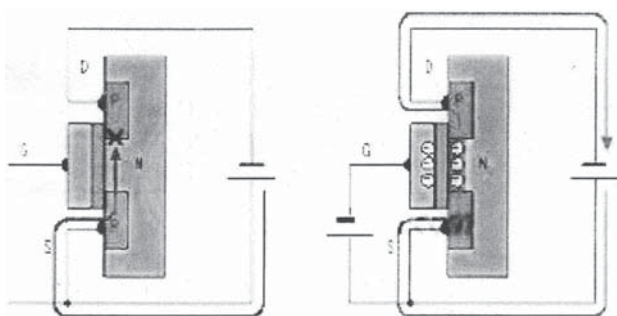


图 6

使MOSFET源极和漏极之间导通。我们还可以将此想象为两个N型半导体之间为一条沟,栅极电压的建立相当于为源极与漏极之间架起了一座桥梁,该桥梁通行能力的大小由栅极电压值决定。图7示出了P沟道场效应管的工作过程,其工作原理与以上阐述类似,在此不予赘述。

以下简要介绍用C-MOSFET(即增强型MOSFET)组成的逆变器电路的工作过程(见图7所示)。这种电路将一个增强型P沟道MOSFET和一个增强型N沟道MOSFET组合在一起使用。当输入端为低电平时,P沟道MOSFET导通,输出端与电源正极接通。当其输入端为高电平时,N沟道MOSFET导通,输出端则与电源地线接通。在此电路中,P沟道MOSFET和N沟道MOSFET总是相反的状态下工作,其输入端和输出端的相位相反。借助这种工作方式,我们可以获得较大的电流输出。同时,由于存在漏电流的影响,使得栅压在还没有到达零伏(0V),即通常在栅极电压小于1V到2V时,MOSFET即被关断。我们知道,每个场效应管的关断电压会略有不同,也正是如此,可以使该电路不会因为两管完全同时导通而造成电源短路。

根据以上分析,可以画出如图8所示的MOSFET部分的工作过程原理图。这种低电压、大电流、频率为50Hz

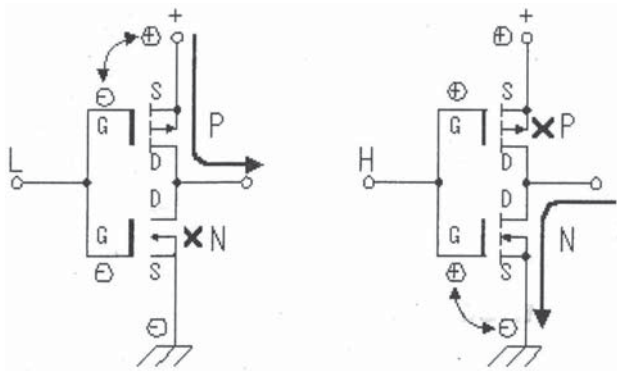


图 7

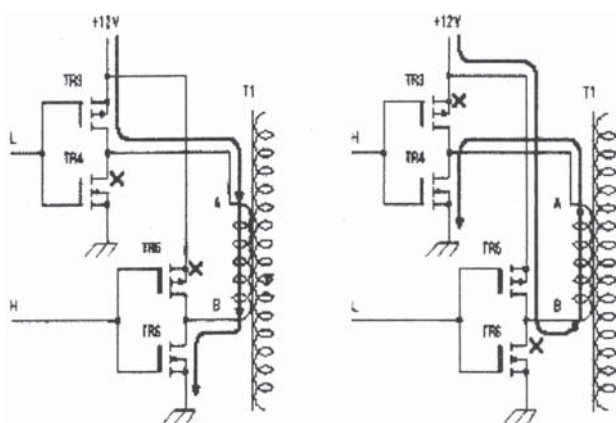


图 8

的交变信号通过变压器的低压绕组时，会在变压器的高压侧感应产生高压交流电压，完成直流到交流的转换。在此需要注意的是，在某些情况下，如振荡部分停止工作时，变压器的低压侧有时会有很大的电流通过，所以该电路的保险丝不能省略或者短接。

该电路在电路板上的布置见图 9 所示。其所用元器件见图 10。逆变器的变压器采用次级为 12V，电流为 10A，初级电压为 220V 的成品电源变压器。P 沟道 MOSFET(2SJ471)，其最大漏极电流为 30A，在 MOSFET 导通时，漏极—源极间的电阻为 25 毫欧。此时如果通过 10A 电流，则会有 2.5W 的功率消耗。N 沟道 MOSFET(2SK2956) 最大的漏极电流为 50A，MOSFET 导通时，漏极—源极间的电阻为 7 毫欧，这时如果通过 10A 电流，则消耗的功率为 0.7W。由以上结果可以知道，在同样数值的工作电流情况下，2SJ471 的发热量约为 2SK2956 的 4 倍。所以在设计设备的散热时必须注意这一点。图 11 所示为本文设计的逆变器中的场效管

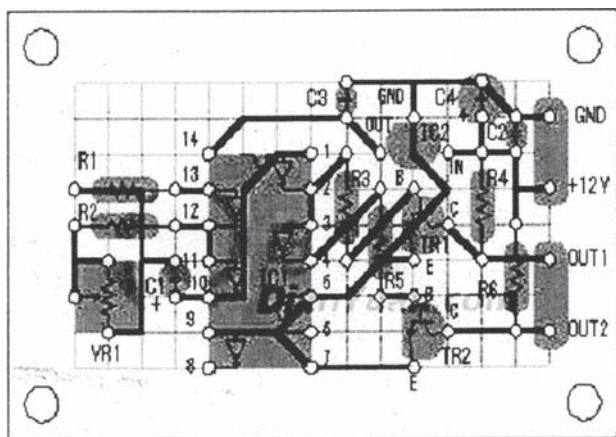


图 9

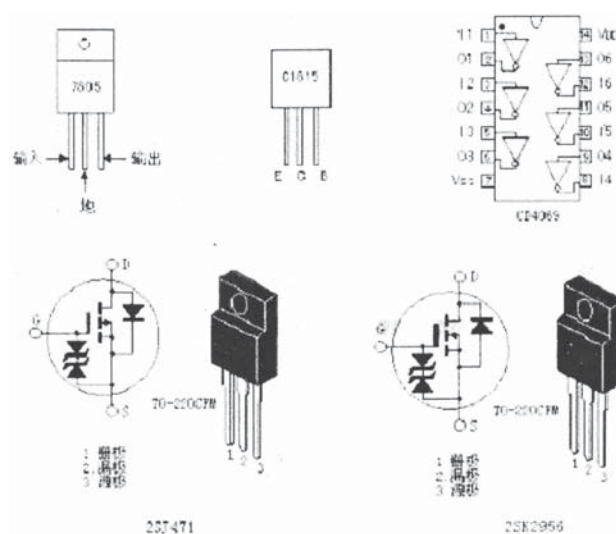


图 10

在散热器 (100mm × 100mm × 17mm) 上的位置分布和连接方法。虽然场效应管在工作于开关状态时的发热量不会很大，但出于安全考量，选用散热器时应该略为偏大。

以下简要介绍该逆变器的性能测试结果。

测试该逆变器的性能所用的输入电源是内阻低、放电电流大（一般大于 100AH）的 12V 汽车用电池，它可以为电路提供充足的输入功率。测试采用的负载为普通的电灯泡。测试方法是通过改变负载大小的同时测量此时的输入电流、电压以及输出电压。其测量结果见图 12 所示的电压、电流曲线关系图。从图 12 中可以看出，输出电压随负载的增大而下降，灯泡的功率消耗随电压的变化而改变。人们也可以通过计算找出输出电压和功率的关系。但在实际应用中，由于电灯泡的电阻会随加在其两端的电压变化而改变，并且输

下转131页

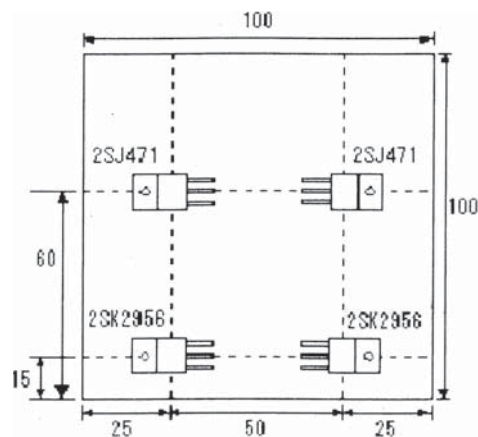


图 11

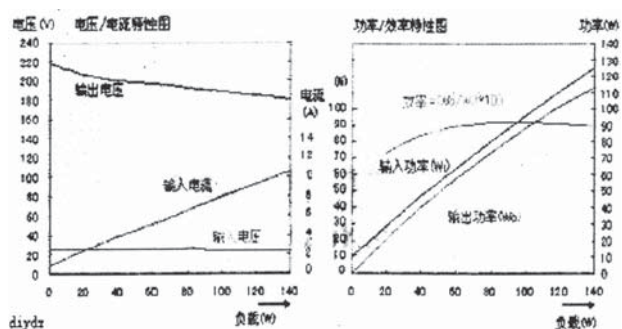


图 12

出电压、电流也不是正弦波，所以这种计算只能被认为是估算。以下用负载为 60W 的电灯泡为例看其结果。

假设电灯泡的电阻值不随电压的变化而改变，因为 R

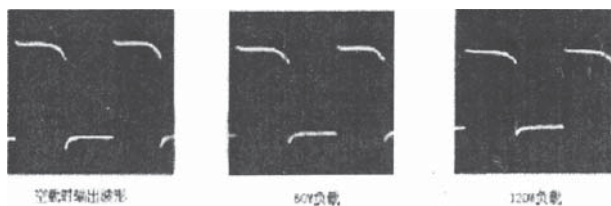


图 13

灯 $= V^2/W = 2102/60 = 735$ ，所以在电压为 280V 时， $W = V^2/R = 2082/735 = 58.9(W)$ 。由此可以折算出电压和功率的关系。

通过测试发现，当输出功率约为 100W 时，输入电流为 10A，此时输出电压为 200V。图 13 为不同负载时的输出波形图。

(摘编自电源网)