

# 浙江工业大学期终考试命题稿

2018/2019 学年第 一 学期

课程名称	电力电子技术	使用班级	自动化 16, 电气 16
教师份数	8	学生份数	230
命题人	刘安东, 南余荣, 陈国定, 徐建明	审核人	
命题总页数	页	每份试卷需用白纸	3 大张

命题注意事项:

- 一、命题稿请用 A4 纸电脑打印, 或用教务处印刷的命题纸, 并用黑墨水书写, 保持字迹清晰, 页码完整。
- 二、两份试题必须同等要求, 卷面上不要注明 A、B 字样, 由教务处抽定 A、B 卷。
- 三、命题稿必须经学院审核, 并在考试前两周交教务处。

# 浙江工业大学 2018/2019 学年

## 第 一 学期试卷

课程\_\_\_\_\_电力电子技术\_\_\_\_\_班级\_\_\_\_\_

姓名\_\_\_\_\_学号\_\_\_\_\_教师姓名\_\_\_\_\_

题序	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总评
计分											

命题:

一、选择题（10 分）（单选，将正确序号 A、B 或 C 填入括号中，每小题 1 分）

1、什么是电力电子技术？（A）

A、用于电力领域的电子技术，即应用电力电子器件对电能进行变换和控制的技术。B、用于电力领域和信息领域的电子技术的总称。C、用于电气领域和信息领域的电子技术的总称。

2、电力二极管的额定电流指的是？（A）

A、允许流过最大工频正弦半波电流的平均值。B、允许流过最大工频正弦半波电流的有效值。C、允许流过最大方波电流的平均值。

3、晶闸管正向特性表述正确的是：（C）

A、随着门极电流幅值的增大，正向转折电压增大。B、只要门极电流幅值大于 1mA，晶闸管承受正向电压时就导通。C、随着门极电流幅值的增大，正向转折电压降低。

4、电力 MOSFET 导通表述正确的是：（C）

A、N 沟道增强型电力 MOSFET 当栅极电压为零时漏源极之间就存在导电沟道。B、N 沟道增强型电力 MOSFET 当栅极电压小于零时漏源极之间存在导电沟道。C、N 沟道增强型电力 MOSFET 当栅极电压大于零时漏源极之间存在导电沟道。

5、关于绝缘栅双极晶体管开关速度，表述正确的是：（C）

A、绝缘栅双极晶体管 IGBT 是一种复合器件，其开关速度比 GTR 慢。B、绝缘栅双极晶体管 IGBT 是一种复合器件，其开关速度比电力 MOSFET 快。C、绝缘栅双极晶体管 IGBT 是一种复合器件，其开关速度比 GTR 快。

6、有关电力电子器件驱动，表述正确的是：（B）

A、电流驱动型电力电子器件具有输入阻抗高的特点。B、电压驱动型电力电子器件具有输入阻抗高的特点。C、电流驱动型和电压驱动型电力电子器件都具有输入阻抗高的特点。

**7、关于电力电子器件缓冲电路，表述正确的是：(C)**

A、缓冲电路又称吸收电路，目的是吸收电力电子器件的热量。B、缓冲电路又称吸收电路，目的是使器件的开关速度变为缓慢。C、缓冲电路又称吸收电路，目的是抑制器件的内因过电压、 $du/dt$ 、过电流和  $di/dt$ ，减小器件的开关损耗。

**8、变压器漏感对整流输出电压值的影响是：(B)**

A、变压器漏感对整流电路的影响之一是使整流输出电压平均值升高。B、变压器漏感对整流电路的影响之一是使整流输出电压平均值降低。C、变压器漏感对整流电路的影响之一是波形变化了，但整流输出电压平均值不变。

**9、电流可逆斩波电路，表述正确的是：(C)**

A、电流可逆斩波电路是降压与升压斩波电路的组合，电枢电流可正可负，故可工作于第 1 象限和第 3 象限。B、电流可逆斩波电路是降压与升压斩波电路的组合，电枢电流可正可负，故可工作于 4 个象限。C、电流可逆斩波电路是降压与升压斩波电路的组合，电枢电流可正可负，但输入输出电压是同一种极性，故可工作于第 1 象限和第 2 象限。

**10、关于 PWM 整流电路，表述正确的是：(B)**

A、PWM 整流电路只能使输入电源的功率因数近似为 1。B、可以通过对 PWM 整流电路的适当控制，使输入电流接近正弦波，且和输入电压同相位，功率因数近似为 1。C、PWM 整流电路只能工作于整流状态。

**二、简答题 (26 分)**

**1、(4 分) 传统电力电子技术与现代电力电子技术各自特征是什么？**

答：传统电力电子技术的特征：电力电子器件以半控型晶闸管为主，变流电路一般为相控型，控制技术多采用模拟控制方式。

现代电力电子技术特征：电力电子器件以全控型器件为主，变流电路采用脉宽调制型，控制技术多采用 PWM 数字控制技术。

**2、(4 分) 电力电子器件过电压保护和过电流保护各有哪些主要方法？**

答：过电压保护主要方法有避雷器过电压抑制、各种 RC 过电压抑制、非线性元件过电压抑制等方法。

过电流保护主要方法有电路过流保护、快速熔断器过流保护、快速断路器过流保护和过流继电器过流保护等方法。

**3、(4 分) 在高压变流装置中，晶闸管串联使用以提高耐压，其均压措施有哪些？**

答：晶闸管串联运行时应有相应的均压措施，均压包含静态和动态。静态均压措施包括：选用参数和特性尽量一致的器件；采用电阻  $R_p$  均压， $R_p$  的阻值应比器件阻断时的正、反向电阻小得多。动态均压措施包括：选择动态参数和特性尽量一致的器件；用  $R_D C_D$  并联支路作动态均压；还有采用门极强脉冲触发可以显著减小器件开通时间的差异。

4、(5分) 什么是同步调制？什么是异步调制？两者各有何特点？

答：载波比  $N$  等于常数，变频时使载波和信号波保持同步的方式称为同步调制。同步调制的主要特点是：在同步调制方式中，信号波频率变化时载波比  $N$  不变，信号波一个周期内输出的脉冲数是固定的，脉冲相位也是固定的，输出波形谐波较小。缺点是：载波频率过低时由调制带来的谐波不易滤除。而当逆变电路输出频率很高时，同步调制时的载波频率  $f_c$  会过高，使开关器件难以承受。

载波信号和调制信号不保持同步的调制方式称为异步调制。在异步调制方式中，通常保持载波频率  $f_c$  固定不变，因而当信号波频率  $f_r$  变化时，载波比  $N$  是变化的。异步调制的主要优点是载波频率  $f_c$  可以保持固定不变，输出波形的谐波容易滤除，缺点是：在信号波的半个周期内，PWM 波的脉冲个数不固定，相位也不固定，正负半周期的脉冲不对称，半周期内前后  $1/4$  周期的脉冲也不对称。输出波形谐波较大。

5、(4分) 什么是逆变失败？如何防止逆变失败？

答：逆变运行时，一旦发生换流失败，外接的直流电源就会通过晶闸管电路形成短路，或者使变流器的输出平均电压和直流电动势变为顺向串联，由于逆变电路内阻很小，形成很大的短路电流，称为逆变失败或逆变颠覆。

防止逆变失败的方法有：采用精确可靠的触发电路；使用性能良好的晶闸管；保证交流电源的质量；留出充足的换向裕量角等。

6、(5分) 交流调压电路和交流调功电路有什么区别？各适合予何种负载？

答：交流调压电路和交流调功电路的电路形式完全相同，二者的区别在于控制方式不同。

交流调压电路是在交流电源的每个周期对输出电压波形进行控制。而交流调功电路是将负载与交流电源接通几个周波，再断开几个周波，通过改变接通周波数与断开周波数的比值来调节负载所消耗的平均功率。

交流调压电路广泛应用于需调温的工频加热、灯光调节及风机、泵类负载的异步电机调速等场合。

交流调功电路一般用于电炉调温等交流功率调节的场合，由于控制对象的时间常数大，没有必要对交流电源的每个周期进行频繁控制。

三、波形分析题 (18分)

1、(6分) 隔离型直流-直流变换半桥电路如图 1 所示，已知开关管  $VT_1$ 、 $VT_2$  驱动信号分别为  $u_{G1}$ 、 $u_{G2}$  如图 2，请画出开关管  $VT_1$  的电压波形  $u_{T1}$  (并标出幅值)、电流波形  $i_{T1}$ ，通过电感  $L$  与二极管  $VD_3$  的电流波形  $i_L$  与  $i_{D3}$ 。

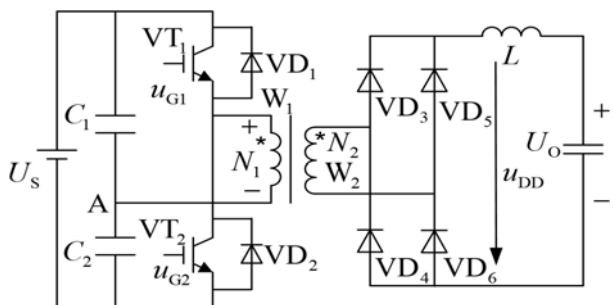


图 1 直流-直流变换半桥电路

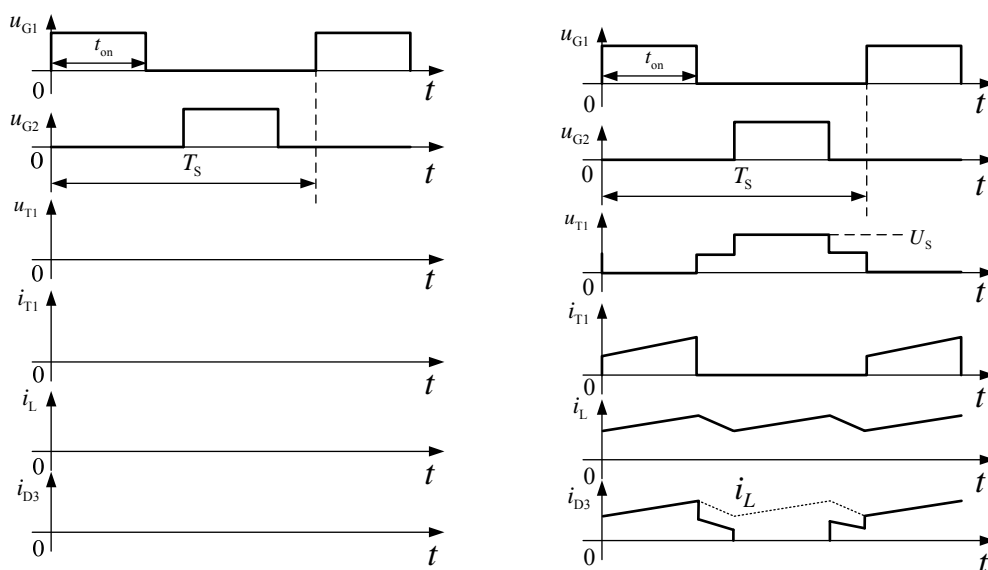


图 2 直流-直流变换半桥电路波形

2、(6 分) 电压型三相方波逆变电路如图 3 所示, 已知 IGBT 开关管  $VT_1 \sim VT_6$  的驱动信号分别为  $u_{G1} \sim u_{G6}$ , 如图 4 所示。试画出线电压  $u_{uv}$ 、 $u_{vw}$  以及负载侧相电压  $u_{UN}$ 、 $u_{VN}$  的波形, 并标出各电压的幅值。

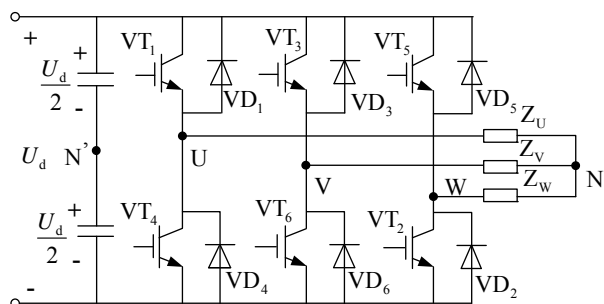


图 3 电压型三相方波逆变电路

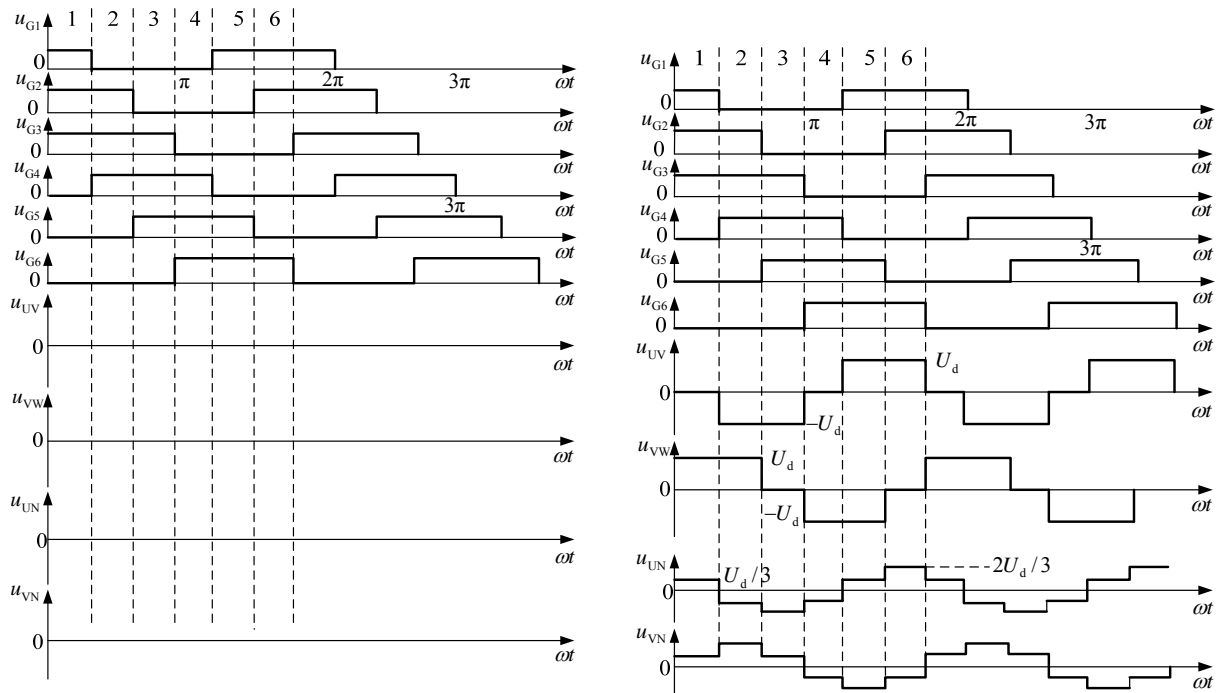


图 4 电压型三相方波逆变波形

3、(6 分) 电阻性负载的单相桥式全控整流电路如图 5 所示, 当控制角  $\alpha=45^\circ$  时, 试在图 6 中画出输出整流电压  $u_d$ 、晶闸管  $VT_1$  承受的电压  $u_{T1}$  以及交流侧电流  $i_2$  的波形。

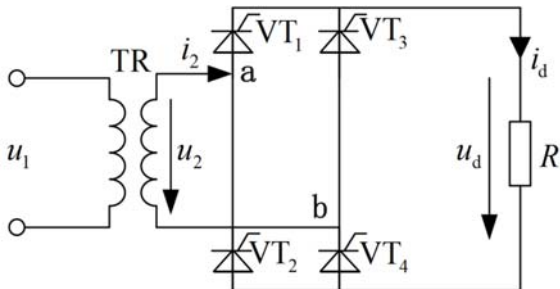


图 5 单相桥式全控整流电路

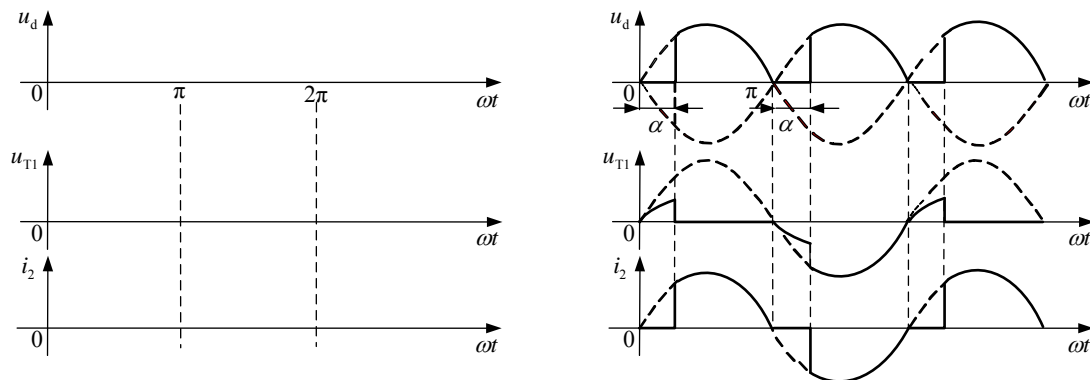


图 6 单相桥式全控整流电路工作波形

## 四、计算题 (46 分)

1、(10 分)有一个开关频率为 **100kHz** 的降压变换电路, 已知电感  $L=0.1\text{mH}$ , 输入电压  $U_s=12\text{V}$ , 要求工作在电感电流连续的状态下且输出电压  $U_o=9\text{V}$ 。试计算:

- 1) 占空比  $\rho$  的大小;
- 2) 电感中电流的峰峰值  $\Delta I_L$ ;
- 3) 若允许输出电压的纹波  $\Delta U_o / U_o = 1\%$ , 求滤波电容  $C$  的最小值。

解: 1) 电流连续, 占空比

$$\rho = \frac{U_o}{U_s} = \frac{9}{12} = 0.75$$

2) 开关周期

$$T_s = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{100 \times 10^3} = 1 \times 10^{-5} (\text{S})$$

$$\Delta I_L = \frac{U_o}{L} (1 - \rho) T_s = \frac{9}{0.1 \times 10^{-3}} \times (1 - 0.75) \times 1 \times 10^{-5} = 0.225 (\text{A})$$

3) 根据

$$\frac{\Delta U_c}{U_o} = \frac{1}{8LC} (1 - \rho) T_s^2 = 1\%$$

$$C = \frac{1}{8L} (1 - \rho) T_s^2 \frac{U_o}{\Delta U_c} = \frac{1}{8 \times 0.1 \times 10^{-3}} (1 - 0.75) \times (1 \times 10^{-5})^2 / 0.01 = 3.1 (\mu\text{F})$$

可得电容最小值

$$C = 3.1 \mu\text{F}$$

2、(8 分) 一个升压斩波电路, 滤波元件为  $L=1\text{mH}$ ,  $C=330\mu\text{F}$ , 已知  $U_s=12\text{V}$ ,  $U_o=24\text{V}$ ,  $I_o=1\text{A}$ , 斩波频率为 **50kHz**, 已知电感电流连续, 试计算占空比  $\rho$  和输出电压的纹波  $\Delta U_o$  (峰·峰值)。

解:

$$T_s = \frac{1}{f_s} = \frac{1}{50 \times 10^3} = 2 \times 10^{-5} (\text{S})$$

由  $\frac{U_o}{U_s} = \frac{1}{1 - \rho}$  可得, 占空比  $\rho = 0.5$ 。

输出最大电压纹波  $\Delta U_o$  (峰·峰值):

$$\Delta U_o = \frac{U_o T_s \rho}{R_L C} = \frac{I_o T_s \rho}{C} = \frac{1 \times 2 \times 10^{-5} \times 0.1}{330 \times 10^{-6}} = 6 (\text{mV})$$

3、（10分）单相桥式全控整流电路，交流侧电压  $U_2=100\text{V}$ ，负载中电阻  $R=2\Omega$ ，电感  $L$  值极大，反电动势  $E=50\text{V}$ ，当控制角  $\alpha=30^\circ$  时，试求：

- 1) 整流输出平均电压  $U_d$
- 2) 输出平均电流  $I_d$  以及变压器二次电流有效值  $I_2$ ；
- 3) 考虑安全裕量，确定晶闸管的额定电压。

解：1) 整流输出平均电压  $U_d$ 、电流  $I_d$ ，变压器二次侧电流有效值  $I_2$  分别为

$$U_d=0.9 U_2 \cos \alpha =0.9 \times 100 \times \cos 30^\circ =77.9(\text{A})$$

2) 输出平均电流  $I_d$ ，变压器二次侧电流有效值  $I_2$  分别为

$$I_d =(U_d - E)/R=(77.9-50)/2=14(\text{A})$$

$$I_2=I_d =14(\text{A})$$

3) 晶闸管承受的最大反向电压为

$$\sqrt{2} U_2=100 \sqrt{2}=141 (\text{V})$$

故晶闸管的额定电压为：

$$U_N=(2\sim 3) \times 141=282\sim 423 (\text{V})$$

晶闸管额定电压的具体数值可按晶闸管产品系列参数选取。

4、（10分）三相桥式全控整流电路，交流侧电压  $U_2=80\text{V}$ ，带电阻电感负载，电阻  $R=2\Omega$ ，电感  $L$  值极大，当控制角  $\alpha=60^\circ$  时，求：

- 1) 整流输出平均电压  $U_d$ ；
- 2) 整流输出平均电流  $I_d$ 、通过晶闸管电流平均值  $I_{dT}$  和有效值  $I_T$ 。

解：1) 整流输出平均电压

$$U_d=2.34U_2 \cos \alpha =2.34 \times 80 \times \cos 60^\circ =93.6 (\text{A})$$

2)  $I_d$ 、 $I_{dT}$  和  $I_T$  分别如下

$$I_d =\frac{U_d}{R}=\frac{93.6}{2}=46.8(\text{A})$$

$$I_{dT}=\frac{I_d}{3}=\frac{46.8}{3}=15.6(\text{A})$$

$$I_T=\frac{I_d}{\sqrt{3}}=\frac{46.8}{\sqrt{3}}=27.0(\text{A})$$



5、（8分）某半波运行的 Buck 型零电流准谐振变换器如图 7 所示，电压转换率  $M$  和归一化开关频率  $f_n$  的关系如图 8 所示，已知输入直流电压  $U_s$  为 24V，谐振电容  $C_r=0.25\mu\text{F}$ 、谐振电感  $L_r=4\mu\text{H}$ ，在准谐振软开关的条件下，要求输出直流电压为 16V，输出电流为 2A，求：该电路谐振频率  $f_r$ 、开关频率  $f_s$  大约为多少？

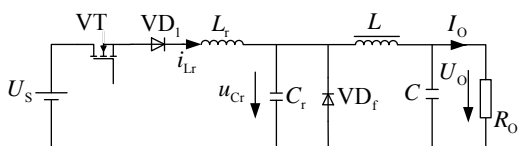


图 7 Buck 型半波零电流准谐振变换器

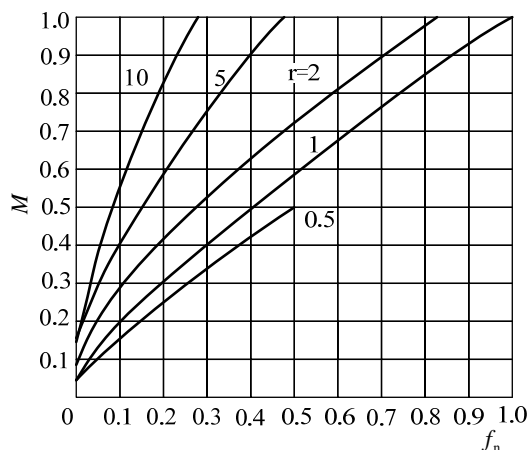


图 8 电压转换率  $M$  和归一化开关频率  $f_n$  的关系

解：根据题意  $U_s=24\text{V}$ ， $U_o=16\text{V}$ ， $I_o=2\text{A}$ ， $C_r=0.25\mu\text{F}$ ， $L_r=4\mu\text{H}$ ，则

$$Z_r = \sqrt{\frac{L_r}{C_r}} = \sqrt{\frac{4 \times 10^{-6}}{0.25 \times 10^{-6}}} = 4\Omega$$

谐振频率

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_r C_r}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{4 \times 10^{-6} \times 0.25 \times 10^{-6}}} = 159 \text{ (kHz)}$$

当输出电压  $U_o=16\text{V}$  时

$$M = \frac{U_o}{U_s} = \frac{16}{24} = 0.667$$

$$R_o = U_o / I_o = 16 / 2 = 8\Omega$$

$$r = \frac{R_o}{Z_r} = 8 / 4 = 2$$

根据图 8，当  $r=2$ ， $M=0.667$  时， $f_n$  大约为 0.47，则根据

$$f_s = f_n \times f_r = 0.47 \times 159 = 74.73 \text{ (kHz)}$$

故开关频率大约为 74.73kHz。