



# TI杯2019年全国大学生电子设计竞赛

## 赛题解析与技术交流研讨会



华南理工大学

South China University of Technology

# 2019年全国大学生电子设计竞赛 综合测评赛题解析



华南理工大学 殷瑞祥

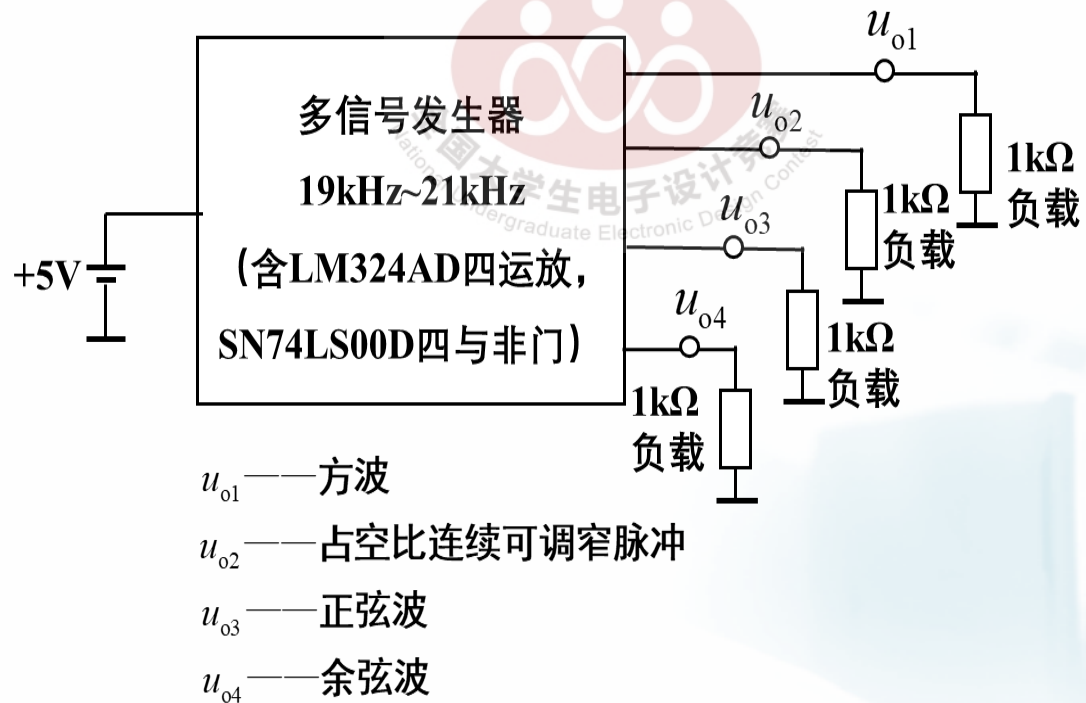


- ◆ 综合测试赛题内容
- ◆ 工程意义
- ◆ 教学基础
- ◆ 约束条件
- ◆ 实现方案
- ◆ 单元电路设计与实现
- ◆ 设计报告的撰写



使用题目指定综合测评板上的一片LM324AD（四运放）和一片SN74LS00D（四与非门）芯片设计制作一个多路信号发生器，如下图所示。

设计报告应给出方案设计、详细电路图、参数计算和现场自测数据波形（一律手写），综合测评板编号及3个参赛同学签字须在密封线内，限2页，与综合测评板一同上交。



- ◆ 通常认为，信号产生的基本方式是从正弦波开始，然后再获得其他波形。
- ◆ 但是，实际上系统的所有信号都要利用时钟信号同步。
- ◆ 在现代通信系统中，往往需要的信号包括：时钟（方波）、定时脉冲（窄脉冲）、正交载波（正弦+余弦）。
- ◆ 综合测评中不可能按通信系统工作在很高频段，因此，赛题将频率降低到100kHz以下。

利用综合测评板和若干电阻、电容元件，设计制作电路产生下列四路信号：

1. 频率为19kHz~21kHz连续可调的方波脉冲信号，幅度不小于3.2V；
2. 与方波同频率的正弦波信号，输出电压失真度不大于5%，峰-峰值 ( $V_{pp}$ ) 不小于1V；
3. 与方波同频率占空比5%~15%连续可调的窄脉冲信号，幅度不小于3.2V；
4. 与正弦波正交的余弦波信号，相位误差不大于 $5^\circ$ ，输出电压峰-峰值 ( $V_{pp}$ ) 不小于1V。

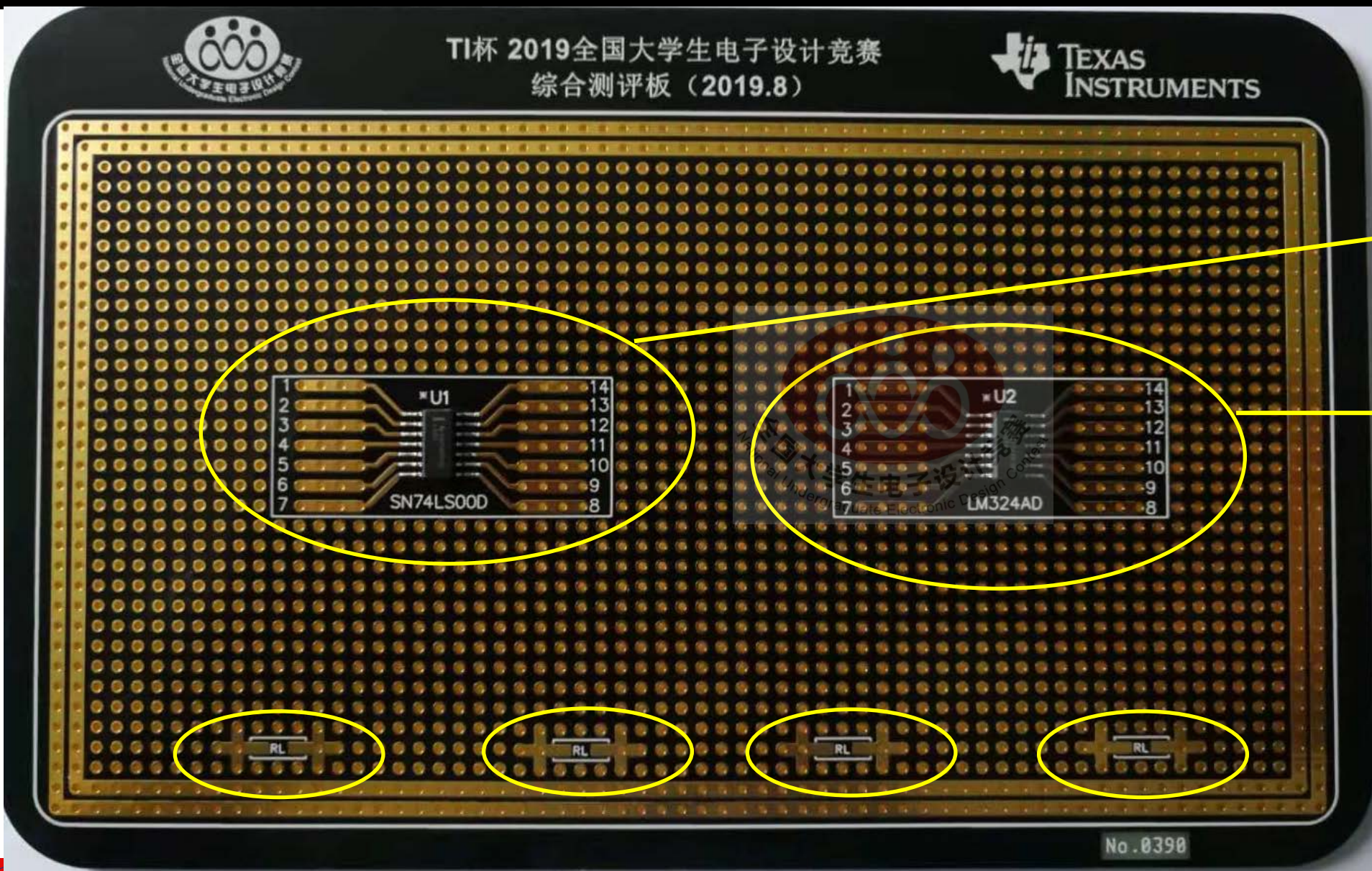
- ◆大学生电子设计竞赛的目的：推动高等学校促进信息与电子类学科课程体系和课程内容的改革。
- ◆特点是姓“教”：与高等学校相关专业的课程体系和课程内容改革密切结合，以推动其课程教学、教学改革和实验室建设工作。
- ◆综合测评的主要考核目标：检测参赛学生的信息与电子类学科基础理论、基本技能。
- ◆综合测评的知识点覆盖：**电路、模拟电子技术、数字电子技术、信号与系统、单片机、数字信号处理、嵌入式系统。**
- ◆单元电路一般都是教学中的基本内容所涵盖的。
- ◆实现方案不限于一种，给参赛学生留有充分的发挥空间。

1. 一片SN74LS00D四与非门芯片（综合测评板上自带）；
  2. 一片LM324AD四运算放大器芯片（综合测评板上自带）；
  3. 赛区提供固定电阻、固定电容、可变电阻元件（数量不限、参数不限）；
  4. 赛区提供直流电源。
- ◆ 不允许在测评板上增加使用IC芯片，如果增加芯片则按0分记；
  - ◆ 原则上不允许在测评板上增加使用BJT、FET和二极管，如果增加则按3分/只扣分；
  - ◆ 原则上不允许参赛队更换测评板，如果损坏测评板只可更换一次并扣10分；
  - ◆ 各路信号测试应在电路互联且加负载情况下进行，单独模块测试相应得分减半；
  - ◆ 本科组只允许使用单一+5V电源，增加使用直流电源的扣除10分。





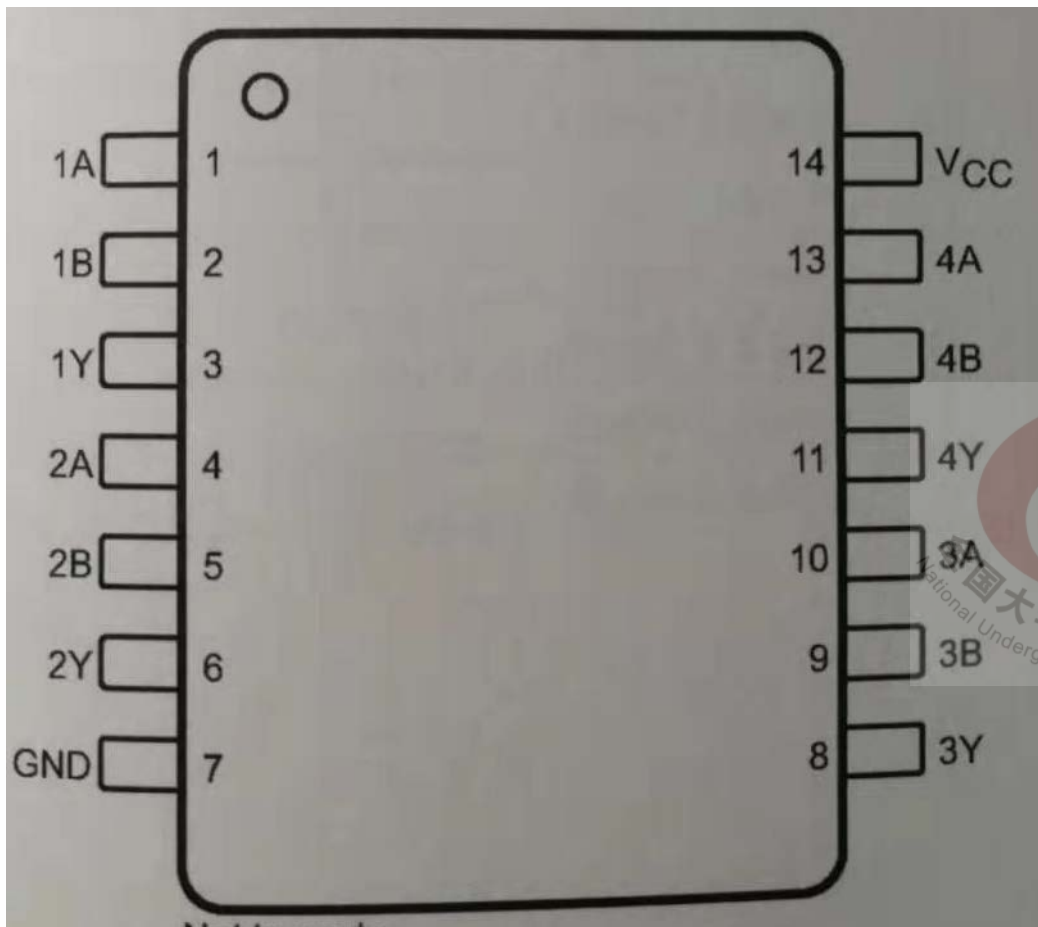
TI杯 2019全国大学生电子设计竞赛  
综合测评板 (2019.8)



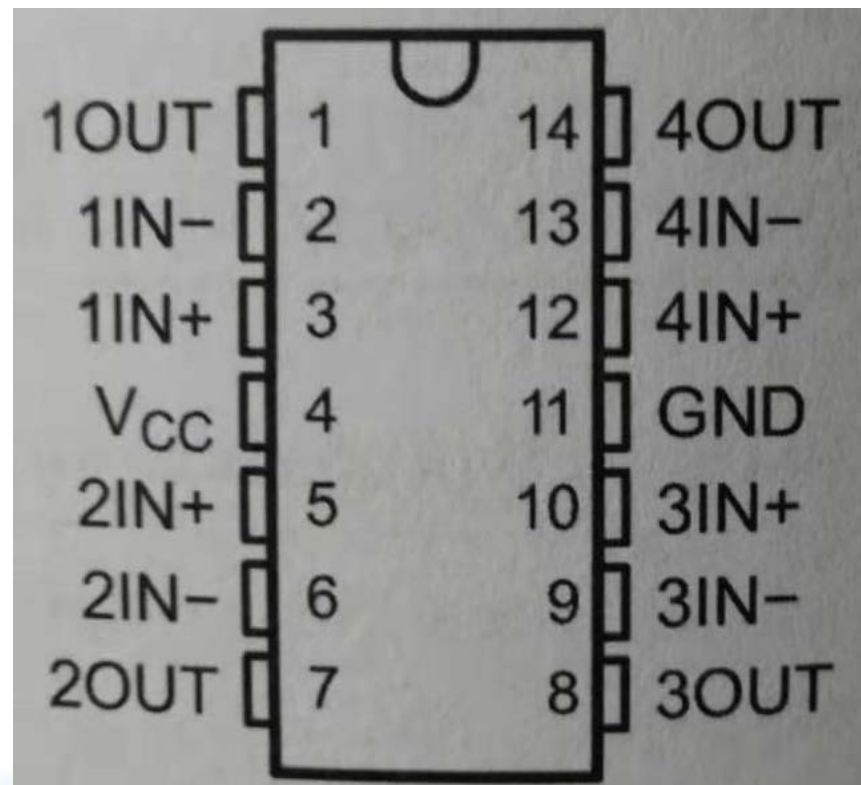
SN74LS00D

LM324AD

四个输出位置  
(需要连接负载电阻)



SN74LS00D引脚功能

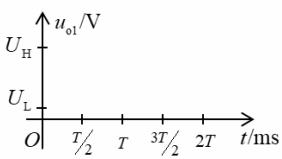
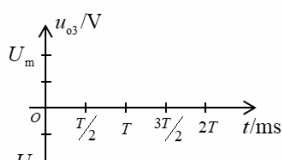
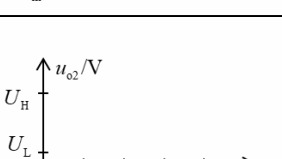
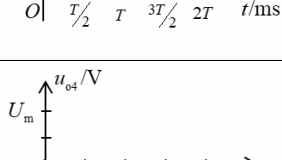


LM324AD引脚功能



# 测试记录表与评分

综合测评测试记录与评分表

序号	测试项目	波形记录	参数记录	备注记录	评分
1	方波		$f_{min} =$ kHz $f_{max} =$ kHz $U_H =$ V $U_L =$ V	连续调频率: 是( )否( ) 幅度稳定: 是( )否( )	
2	正弦波		$f_{min} =$ kHz $f_{max} =$ kHz $K =$ % $V_{pp} =$ V	连续调频率: 是( )否( ) 幅度稳定: 是( )否( )	
3	窄脉冲		$f_{min} =$ kHz $f_{max} =$ kHz $D_{min} =$ % $D_{max} =$ % $U_H =$ V $U_L =$ V	连续调频率: 是( )否( ) 幅度稳定: 是( )否( ) 占空比连续可调: 是( )否( )	
4	余弦波		$f_{min} =$ kHz $f_{max} =$ kHz $\varphi =$ ° $V_{pp} =$ V	连续调频率: 是( )否( ) 幅度稳定: 是( )否( )	
5	其他	(1) 增加使用直流电源个数 (2) 增加使用 BJT、FET、二极管数 (3) 损坏并更换测试板次数 (4) 其他情况:			
总分					

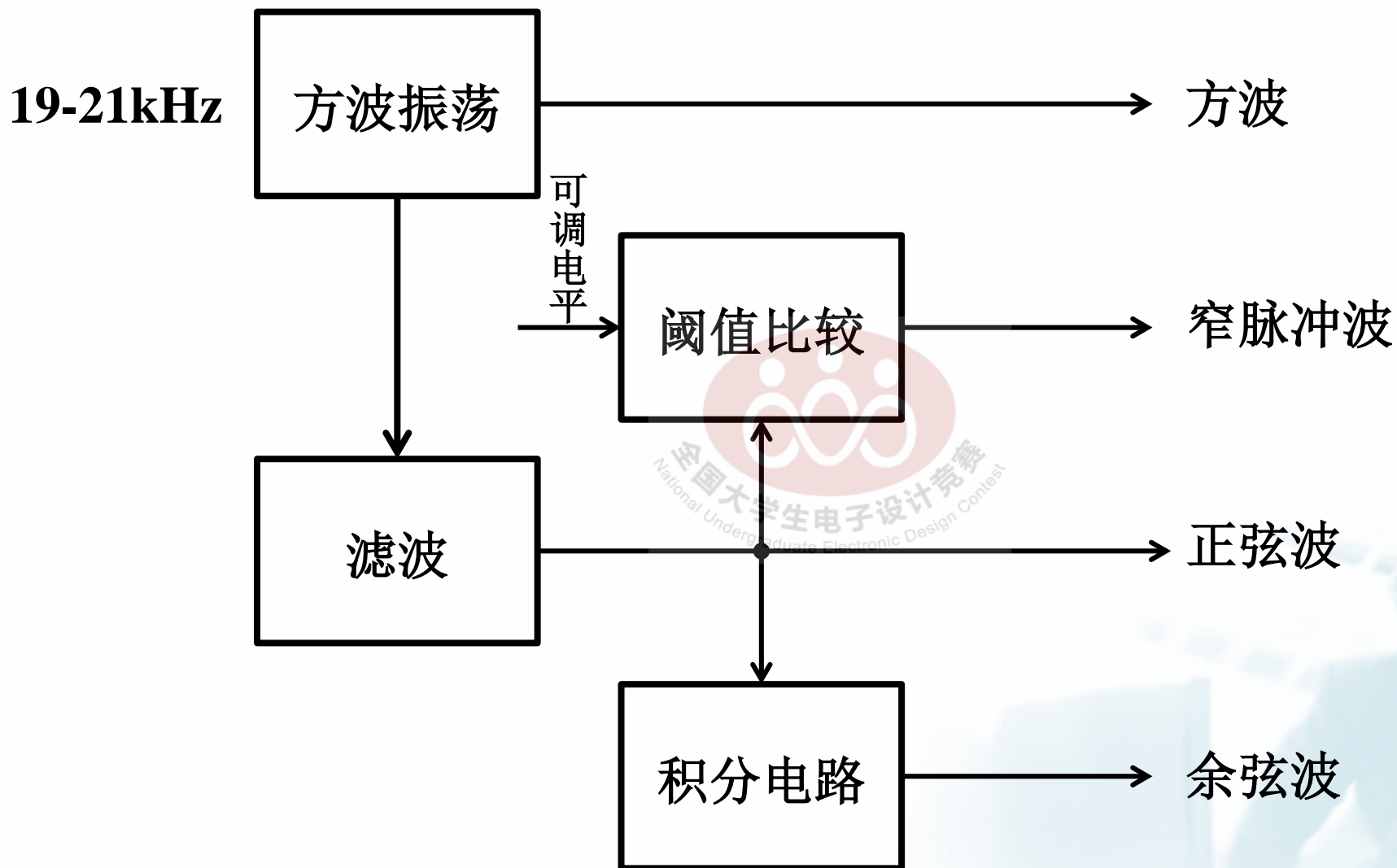
说明: 1. 赛区测试专家只作记录(两周期), 不在评分栏作评分。  
2. 占空比  $D$ 、失真度  $K$  和相位差  $\varphi$  均在频率为 20kHz 时测量。  
3. 失真度可采用数字示波器频谱分析功能, 用最大谐波幅度与基波幅度之比的平方近似获得。  
4. 两路正弦波相位差可通过延迟时间测量。  
5. 备注记录中, 根据测试现象判断打√

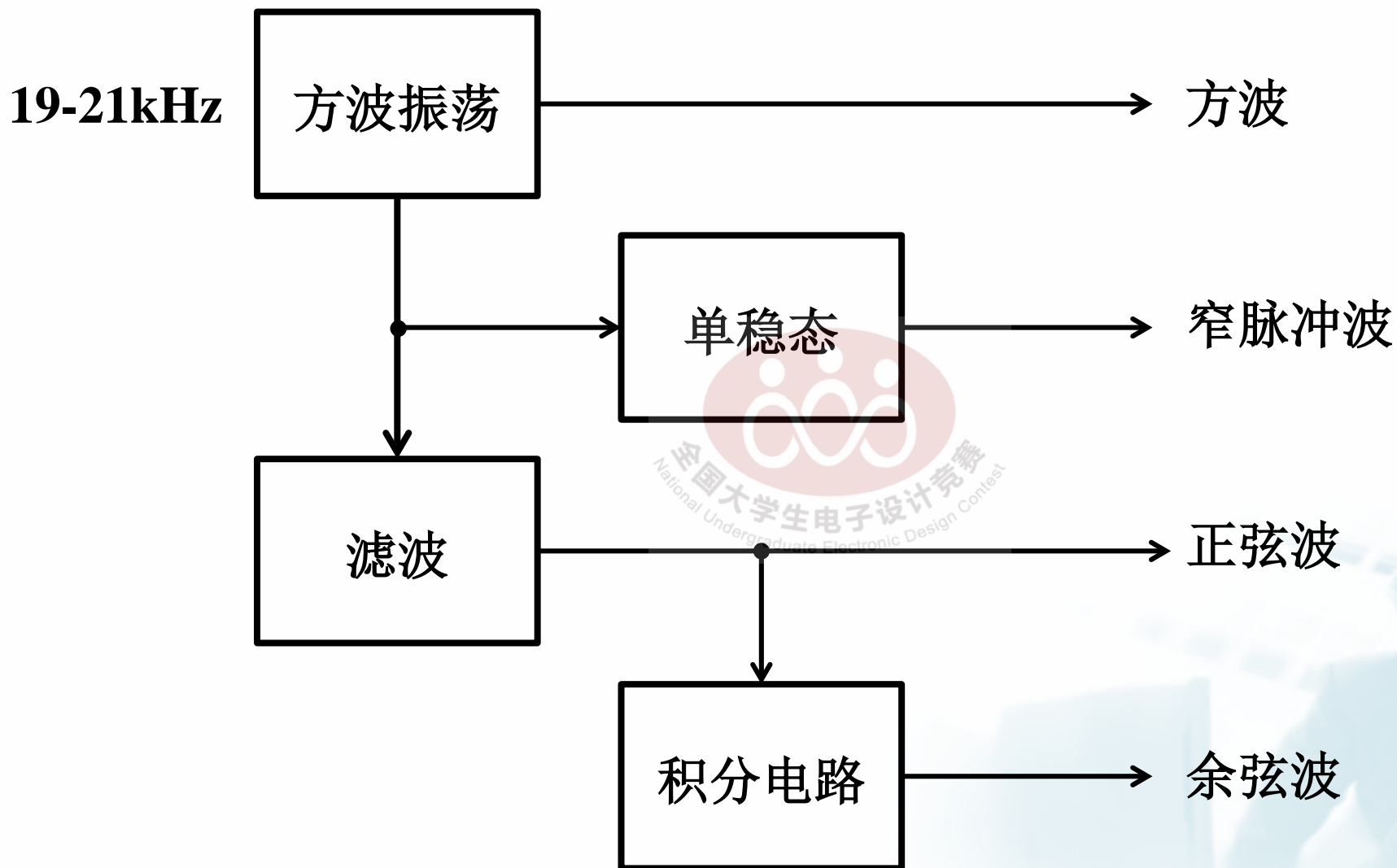
2019 年全国大学生电子设计竞赛综合测评评分标准

输出信号	观察点	分值	测试评分细则	备注	
方波 10分	理论设计	1	电路正确、参数计算详细	1	(1) 理论设计中: 电路图和参数计算各占一半。 (2) 幅度不稳定扣1分。
	波形	5	波形正确, 幅度 $\geq 3.2V$ 波形正确, $2.5V \leq$ 幅度 $< 3.2V$ 波形正确, $2V \leq$ 幅度 $< 2.5V$ 无输出波形或幅度 $< 2V$	5 3 1 0	
	频率调节范围	4	19kHz~21kHz 连续可调 不能连续调节或范围不足 固定频率不可调	4 2 0	
正弦波 8分	理论设计	1	电路正确、参数计算详细	1	(1) 理论设计中: 电路图和参数计算各占一半。 (2) 幅度不稳定扣1分。
	正弦波幅度与失真度	3	输出电压峰峰值 $\geq 1V$ 输出电压峰峰值 0.5~1V 输出电压峰峰值 $< 0.5V$	3 1 0	
		4	失真度 $\leq 5\%$ $5\% <$ 失真度 $\leq 10\%$ 失真度 $> 10\%$	4 2 0	
窄脉冲 6分	理论设计	1	电路正确、参数计算详细	1	(1) 理论设计中: 电路图和参数计算各占一半。 (2) 幅度不稳定扣1分。
	波形	3	波形正确, 幅度 $\geq 3.2V$ 波形正确, $2.5V \leq$ 幅度 $< 3.2V$ 波形正确, $2V \leq$ 幅度 $< 2.5V$ 无输出波形或幅度 $< 2V$	3 2 1 0	
	占空比	2	满足 5%~15%连续可调 不能连续调节或范围不足 占空比不可调	2 1 0	
余弦波 6分	理论设计	1	电路正确、参数计算详细	1	(1) 理论设计中: 电路图和参数计算各占一半。 (2) 幅度不稳定扣1分。
	余弦波幅度与正交性	3	输出电压峰峰值 $\geq 1V$ 输出电压峰峰值 0.5~1V 输出电压峰峰值 $< 0.5V$	3 1 0	
		2	相位失真 $\leq 5^\circ$ $5^\circ <$ 相位失真 $\leq 15^\circ$ 相位失真 $> 15^\circ$	2 1 0	
合计		30			
其他	(1) 增加使用直流电源个数		-10	此项单计	
	(2) 增加使用 BJT、FET、二极管数		-3/只		
	(3) 损坏并更换测试板次数		-10		
	(4) 更换备品芯片		-5/片		
	(5)				

- ◆ 总分30分
- ◆ 最高分：29
- ◆ 最低分：0
- ◆ 得分中位：约 12
- ◆ 专家组确定的及格线：本科组 5 高职高专 3
- ◆ 综合测评的挤水分功能**非常明显**

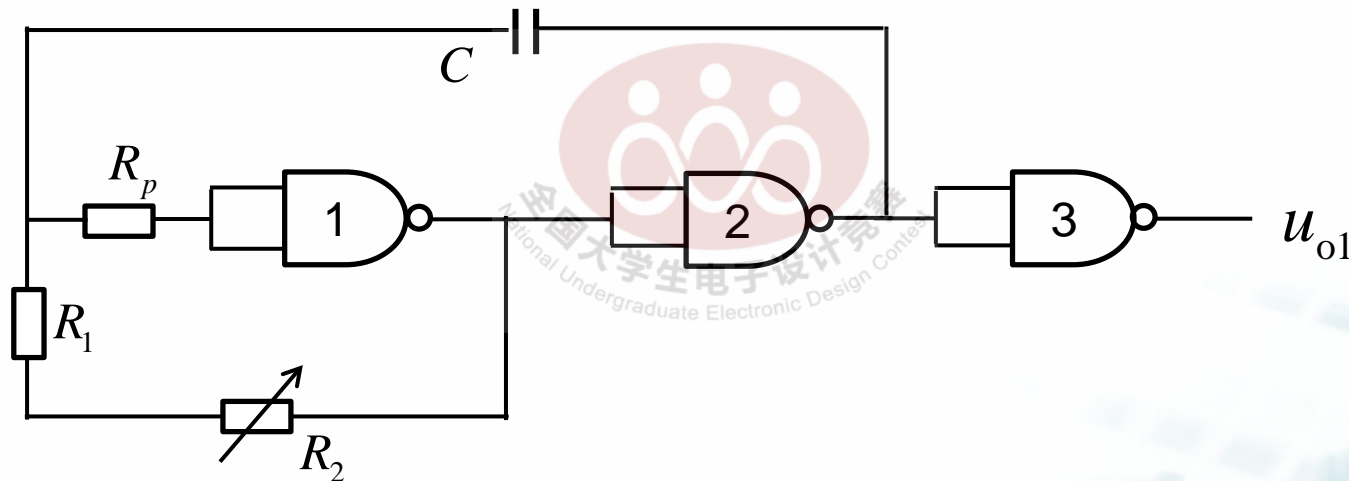






## ◆方波发生电路

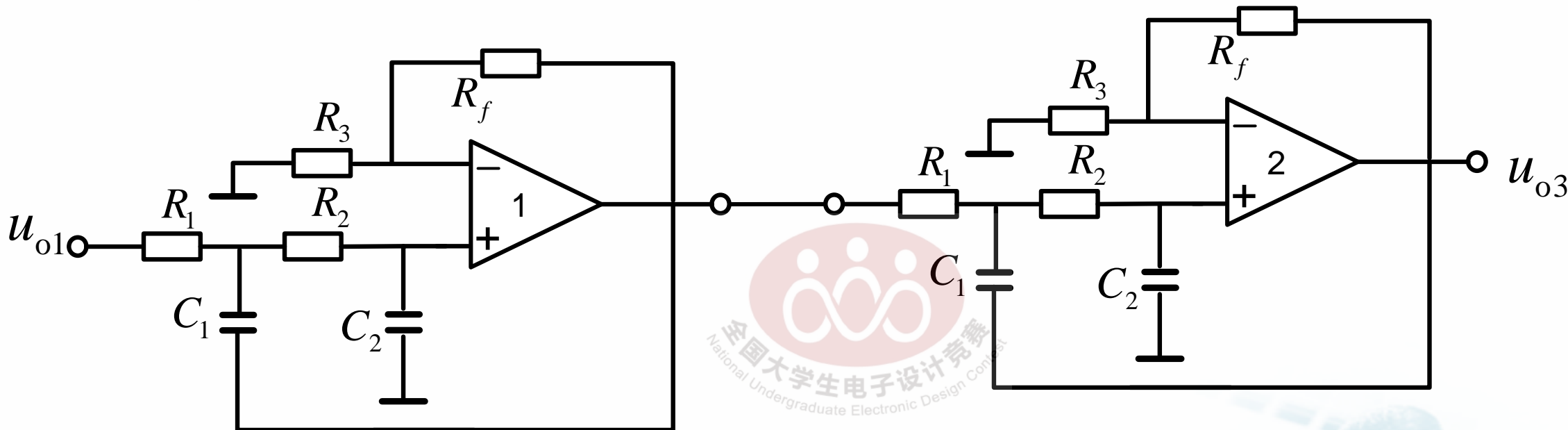
用2个与非门构成非对称式多谐振荡器，为了提高带负载能力，需要另加1个输出缓冲与非门。门电路芯片上升延时和下降延时均为10ns以下，可以工作在比较高的振荡频率。



$$f = \frac{1}{2.2(R_1 + R_2)C}$$



## ◆滤波电路生成正弦波



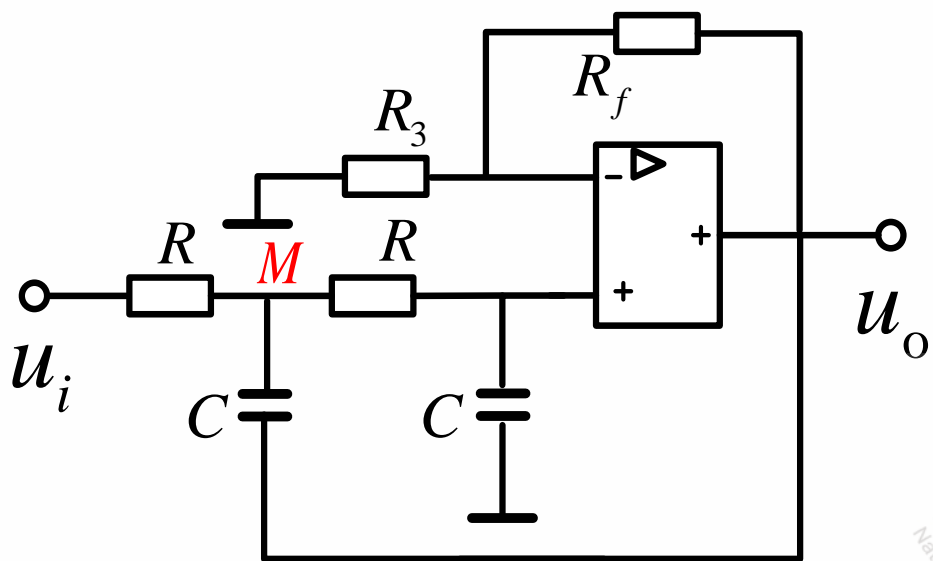
$$R_1 = R_2 = R \quad C_1 = C_2 = C$$

$$A_{u0} = 1 + \frac{R_f}{R_3} = 2$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} = 21\text{kHz}$$

单级二阶低通滤波电路约提供10dB谐波抑制，滤波效果不能达到指标要求，采用两级滤波。

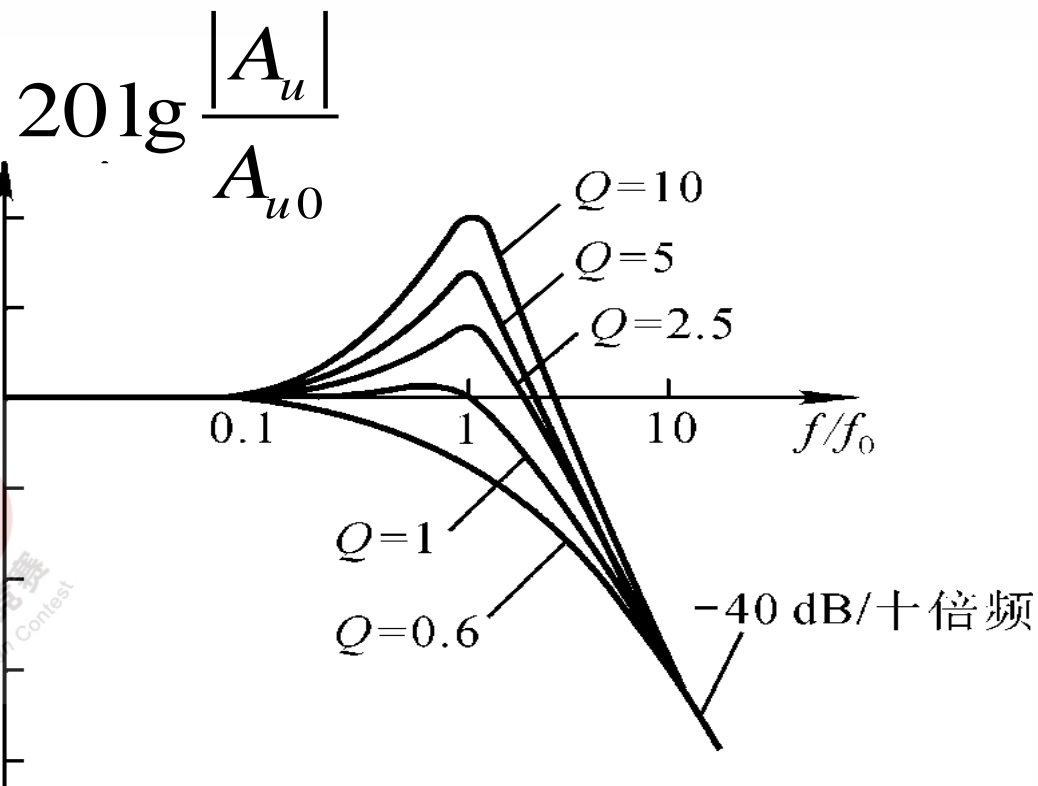
# 压控（自举）二阶低通滤波电路幅频特性



$$A_{u0} = 1 + \frac{R_f}{R_3} \quad f_0 = \frac{1}{2\pi RC} = 21\text{kHz}$$

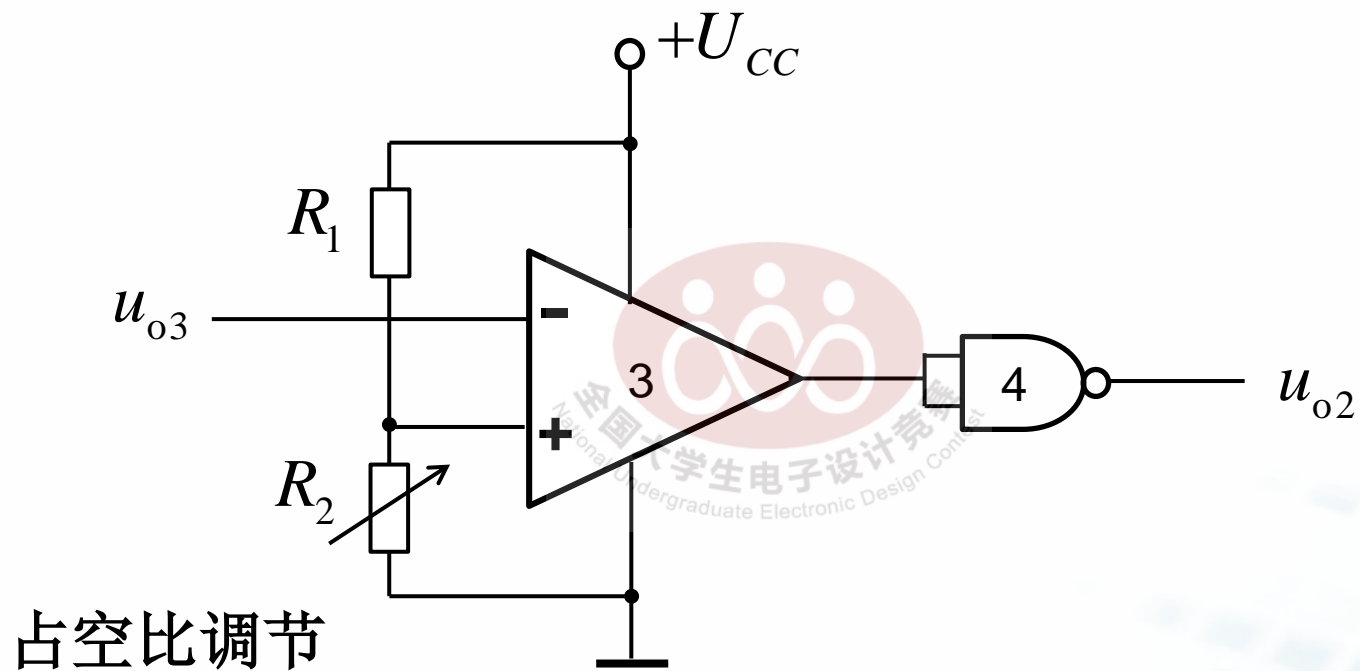
$0 < (3 - A_{u0})$  时，电路稳定。

**幅频特性会出现过冲现象**

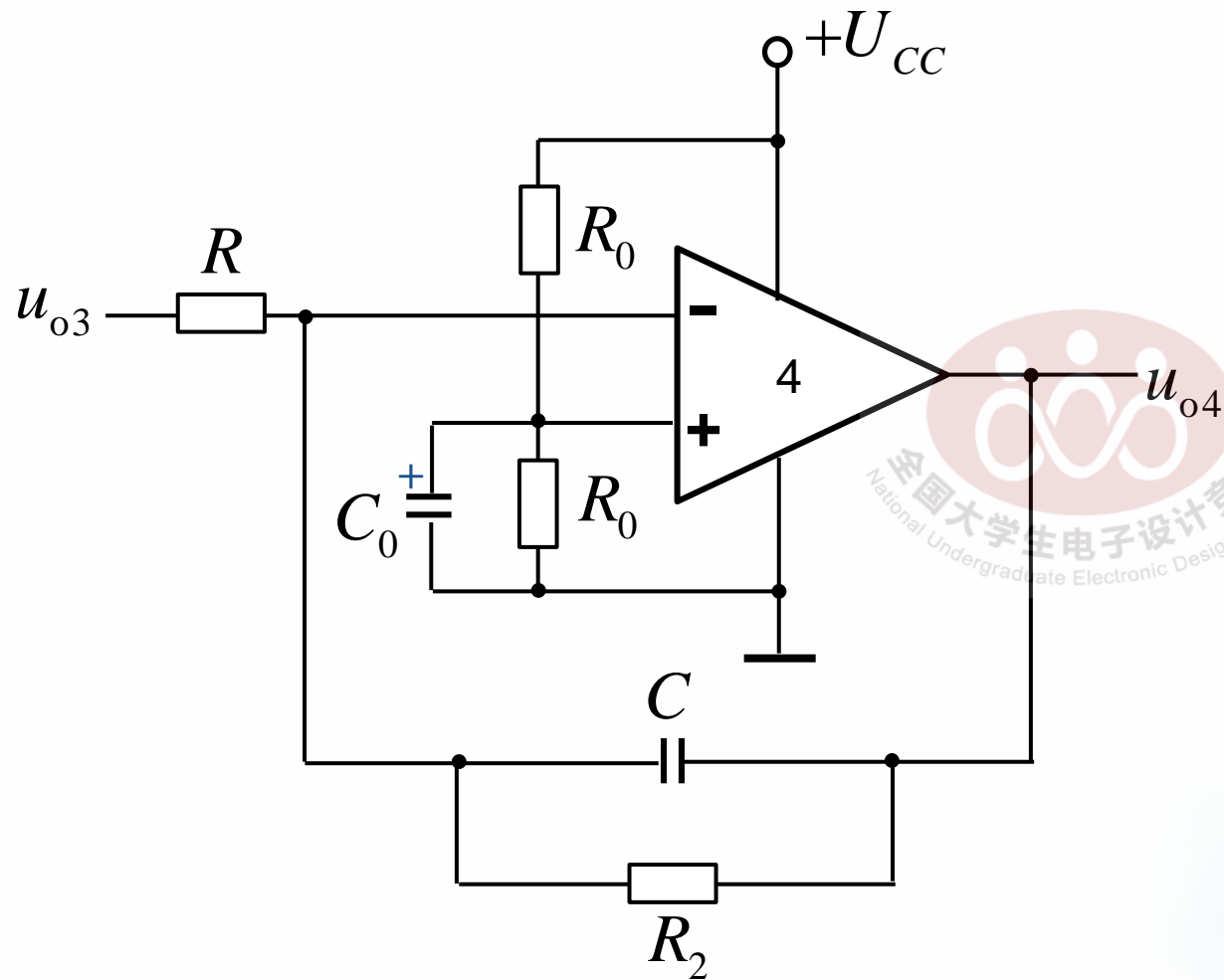


$$Q = \left| \frac{A_{u0}}{3 - A_{u0}} \right|$$

## ◆ 阈值比较电路生成窄脉冲



## ◆积分电路生成正交信号

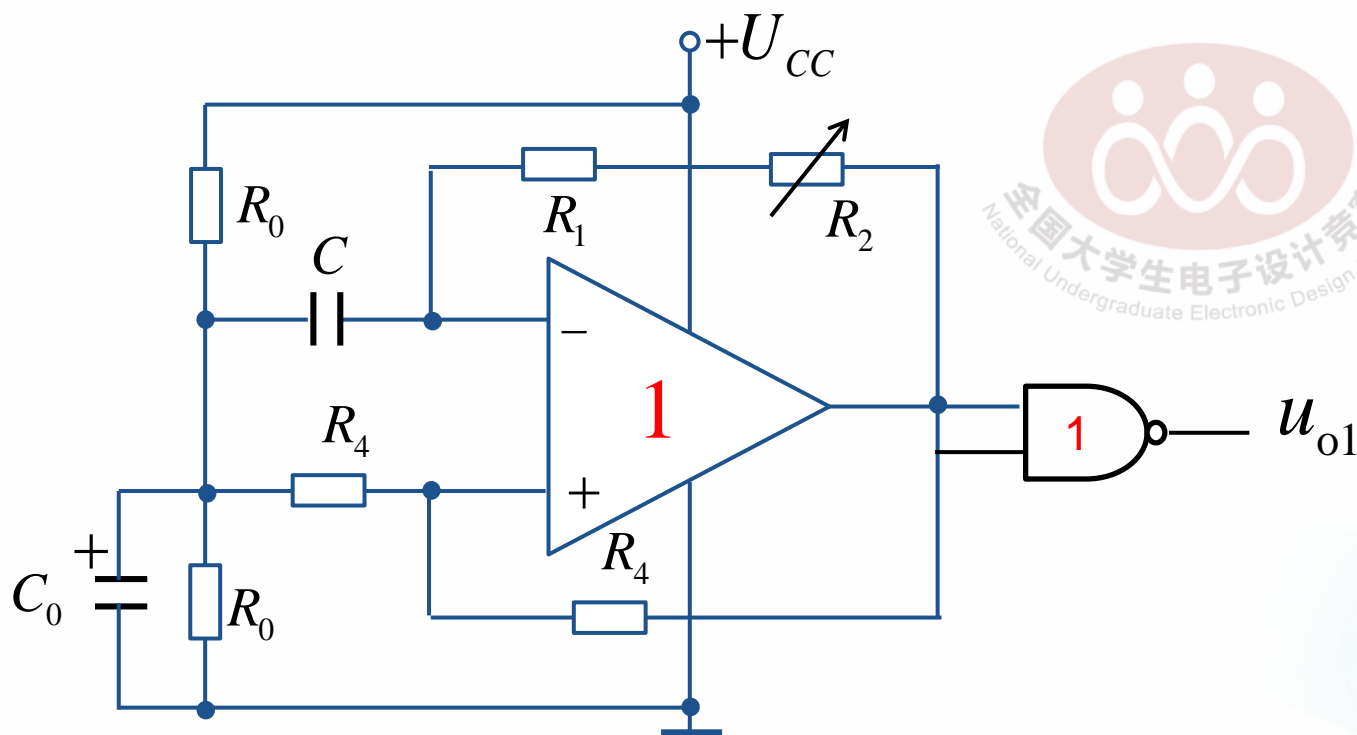


$$R_2 \gg R$$

$$RC \gg \frac{1}{f} > 50\mu\text{s}$$

## ◆方波发生电路

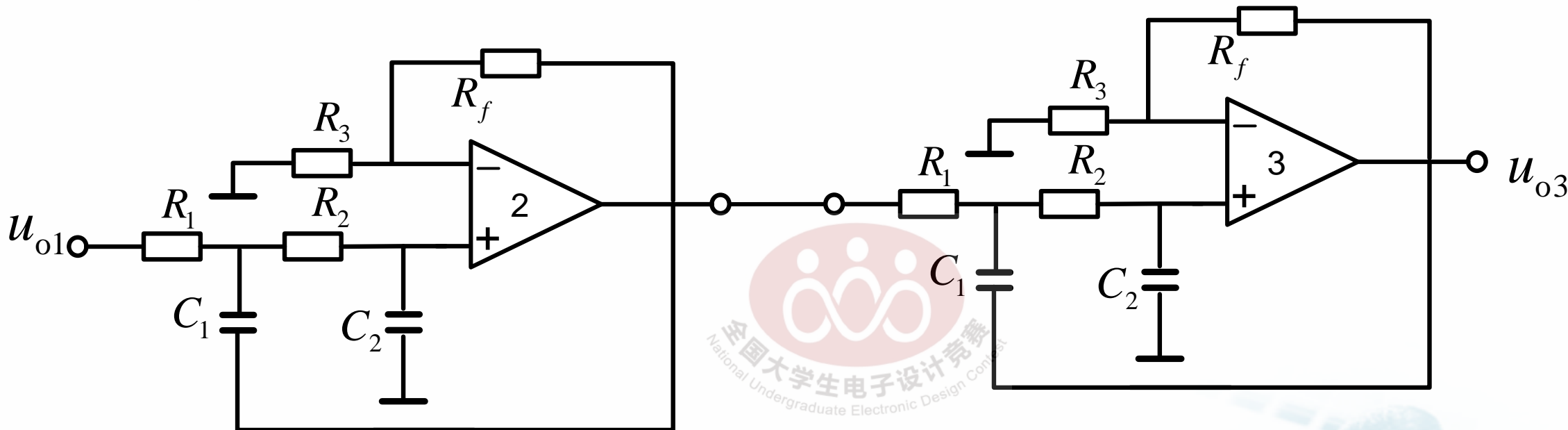
用1个运算放大器构成多谐振荡，但由于LM324AD非轨到轨输出，在单5V电源供电情况下，可能会幅度不足，另外为了改善波形，需要通过输出端加一个与非门整形。



$$f = \frac{1}{2.2(R_1 + R_2)C}$$

$$R_0 \ll R_4 \quad R_0 \ll (R_1 + R_2)$$

## ◆滤波电路生成正弦波



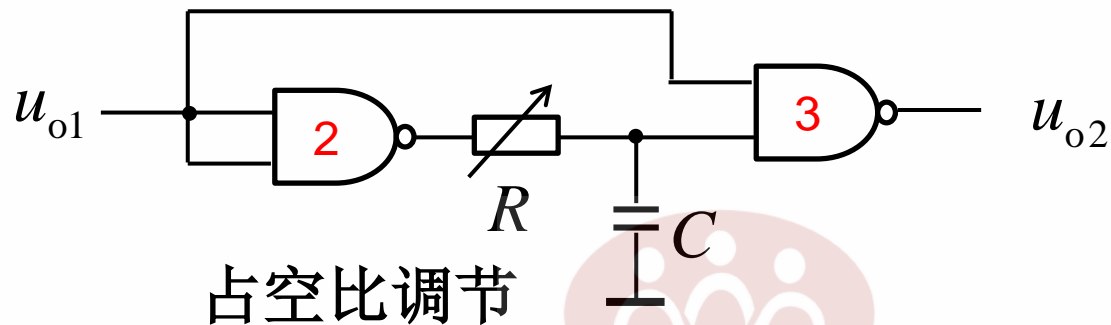
$$R_1 = R_2 = R \quad C_1 = C_2 = C$$

$$A_{u0} = 1 + \frac{R_f}{R_3} = 2$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} = 21\text{kHz}$$

单级二阶低通滤波电路约提供10dB谐波抑制，滤波效果不能达到指标要求，采用两级滤波。

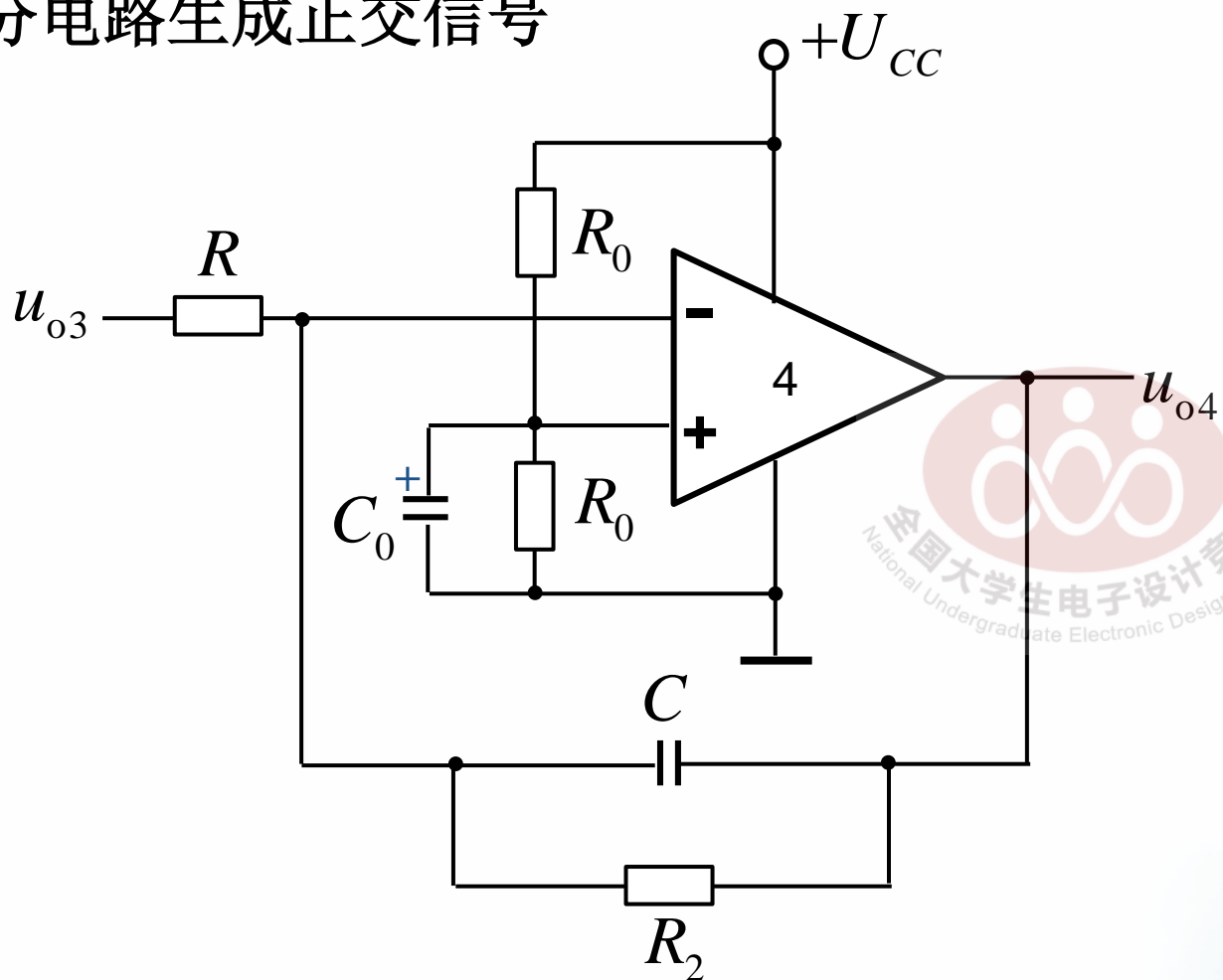
## ◆单稳态电路生成窄脉冲



$$t_w = (R + R_0)C \ln 2$$

这个电路的缺点是波形的边沿不好，如果使用缓冲门整形，效果会改善，但剩余的门不够。

## ◆ 积分电路生成正交信号



$$R_2 \gg R$$

$$RC \gg \frac{1}{f} > 50\mu\text{s}$$



◆设计报告限定2页。

◆报告应包括以下几个部分

1. 总体方案
2. 各部分电路图
3. 根据技术指标对电路元件参数的确定
4. 测试波形及参数记录





华南理工大学  
South China University of Technology

谢谢

Thanks for Your Attention!

