

清华大学本科期末考试试题纸 A 卷

考试科目：《电子电路与系统基础 II》

2013.1.13

班号：

学号：

姓名：

满分 108 分，卷面分超过 100 分者按 100 分计。

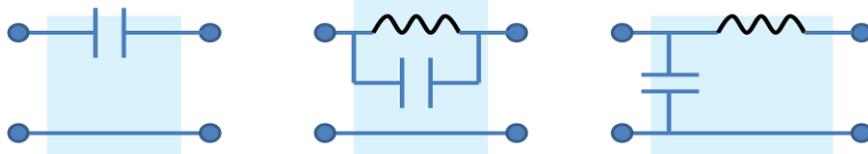
一、填空题（请在试题纸上填空，本题共 57 分。对于数值答案，可以先给出公式表述，后给出数值答案。）

1、已知某晶体管的电流增益表达式为 $\beta(j\omega) = \frac{\beta_0}{1 + j\omega\tau_0}$ ，那么该晶体管的特征频率（电流增益带宽积）为 $f_T =$ ()。

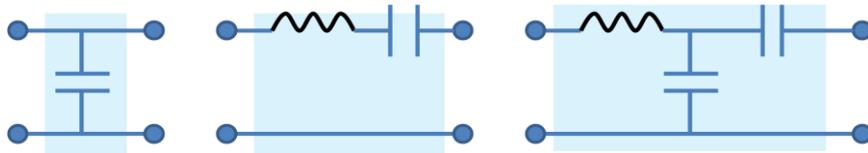
2、某 BJT 在集电极电流为 1mA 时，其特征频率 $f_T = 100\text{MHz}$ ，其小信号等效电路中 BE 结的微分电容 C_{be} 大约为 () pF。

3、描述线性时不变动态电路特性的电路方程是微分方程，求解该微分方程时，用到的连续性条件是()和()。

4、请在下面 6 个 LC 滤波器（图示的二端口网络）下方写出该滤波器类型：低通、高通、带通、带阻。



滤波器类型 () () ()



滤波器类型 () () ()

图 1 LC 滤波器

5、一阶 RC 电路的时间常数 $\tau =$ ()，一阶 RL 电路的时间常数为 $\tau =$ ()；二阶 RLC 串联谐振回路的品质因数 $Q =$ ()；二阶 RLC 并联谐振回路的品质因数 $Q =$ ()，自由振荡频率 $f_0 =$ ()。

6、如果 RLC 串联谐振回路的阻尼系数 $\xi \ll 1$ ，对于阶跃激励，电容分压需要 () 时间才能进入稳态（和稳态解误差小于 1% 定义为进入稳态）。

7、CMOS 反相器电路的动态功耗很大，在输入电平从低到高变化过程中，反相器功率大多消耗在（ ）器件上，在输入电平从高到低变化过程中，功率大多消耗在（ ）器件上。

8、恒压源 V_{S0} 在 $t=0$ 时刻被开关接入对初始电压为 V_0 的理想电容 C 充电，充电电流为（ ）。

9、如图 2 所示，这是 D 触发器的 D 输入端波形和 CLK 端时钟波形，请在规定位置（图 2 两虚线之间）画出输出 Q 端的波形。

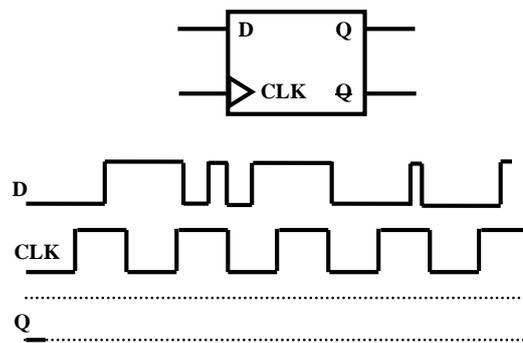


图 2 D 触发器波形

10、一阶 RC 串联电路被恒压源 $3.3\cos(2\pi f_0 t)$ （单位伏特）驱动，其中，

$R=10k\Omega$ ， $C=220pF$ ， $f_0=100kHz$ ，电阻分压表达式为（ ）V，电容分压表达式为（ ）V，电阻分压加电容分压表达式为（ ）V。

11、某单端口网络的端口输入电阻恒为 0，端口输入电抗频率特性如图 3 所示，在（ ）频点该网络可等效为 LC 串联谐振电路，在（ ）频点该网络可等效为 LC 并联谐振电路。

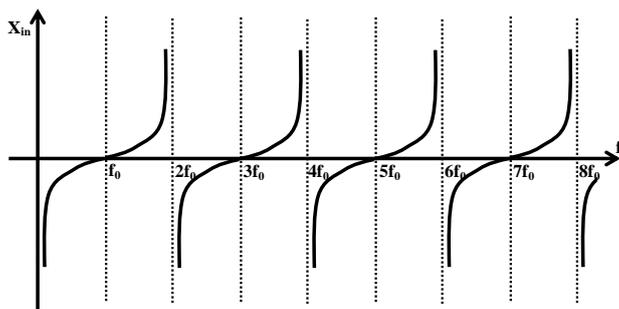


图 3 某单端口网络输入电抗

12、对于如图 4 所示的两个 LC 正弦波振荡器，请在空位画出其交流等效电路（保留晶体管符号），在空中填入晶体管组态，和正弦波振荡频率。电路 4a 图中，互感变压器为 2:1 的全耦合变压器，电路 4b 图中，电感抽头在正中间，接直流偏置电压源 V_{CC} 。

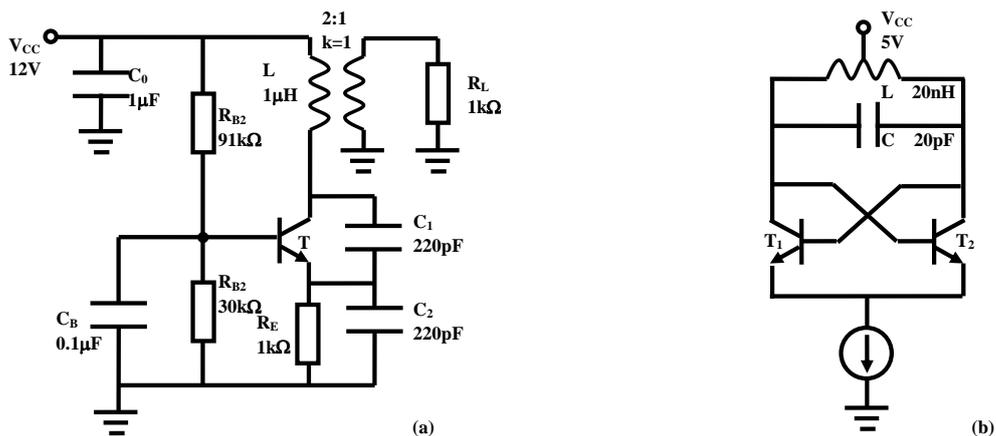
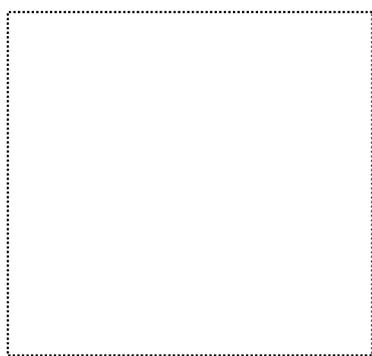
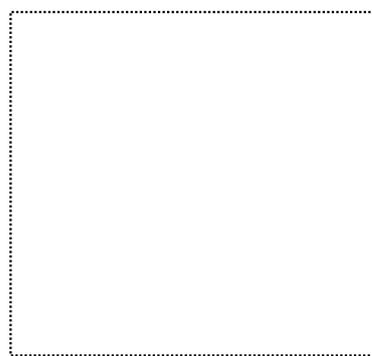


图 4 正弦波振荡器



(c) 图 4 电路 a 等效电路图



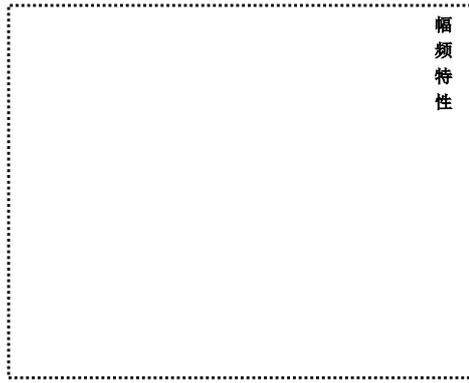
(d) 图 4 电路 b 等效电路图

电路 a 中, 晶体管工作于()组态, 电路 b 中, 晶体管工作于()组态。

电路 a 的振荡频率为(), 电路 b 的振荡频率为()。

13、二阶 RLC 并联电路, 已知 $R=1k\Omega$, $L=1\mu H$, $C=500pF$, 它由幅值为 1mA 的正弦电流 $\cos\omega_0 t$ 激励, 当 ω_0 恰好为 RLC 电路的谐振频率时, 电感分流表达式为 () mA、电容分流表达式为 () mA, 电阻分流表达式为 () mA, 电感分流加电容分流加电阻分流的表达式为 () mA。

14、二阶低通滤波器的复频域传递函数的典型形式, 用阻尼系数 ξ 和自由振荡频率 ω_0 可表述为 (), 现希望二阶低通滤波器具有良好的时域和频域响应特性, 则要求阻尼系数 ξ 位于 () 范围之内。请在空位虚框内画出这种情况的幅频特性和相频特性的波特图, 波特图要求坐标轴标记清晰, 关键点标记清楚。



幅
频
特
性



相
频
特
性

15、如图 5a 所示，中间的变压器是全耦合变压器，请在图 5b 左侧虚框内画出从 AB 端口看入的等效电路，如果 AB 端口只接匹配电阻，电阻取值为()，该电路的 3dB 频点为()，具有() (低通、高通、带通、带阻) 选频特性。如果现在要求在 4MHz 频点上达到最大功率传输匹配，需要在原匹配电路上添加新的匹配元件，请在图 5b 右侧虚框内画上匹配负载，所画元件上均需标明元件值大小。此时电路具有() 选频特性，其匹配带宽为() kHz。

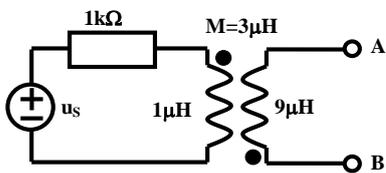


图 5a 某电路

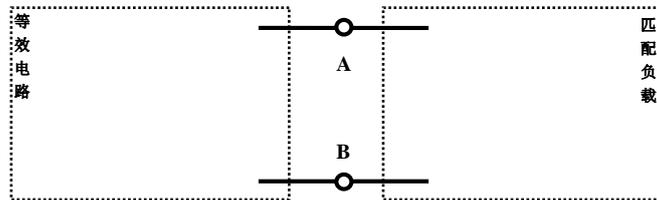


图 5b 等效电路与匹配负载

二、(+6 分) 如图 6 所示是 BJT 晶体管做有源器件的考毕兹振荡器的负阻等效电路，BJT 的直流偏置电流为 $I_C=1mA$ 。其中电容 $C_1=C_2=100pF$ ， $L=1μH$ ，而 $r_s=5Ω$ 是电路中所有损耗的折合电阻，等效负阻为 $-r_n = -\frac{g_m}{\omega_0^2 C_1 C_2}$ ，其中 g_m 为 BJT 晶体管的等效线性跨导，具有如下特性：

$$g_m = \begin{cases} g_{m0} = \frac{I_C}{V_T} & V_m < V_{m0} = 50mV \\ g_{m0} \frac{V_{m0}}{V_m} & V_m > V_{m0} = 50mV \end{cases}$$

其中， $v_T=26mV$ 为热电压， V_m 为 BE 端口 (C_1 电容两端) 电压。请给出振荡器达到平衡后，输出正弦波的频率 f_0 和幅度 V_{mout} (CE 端口， C_2 两端电压)。

清华大学本科期末考试试题纸 A 卷

考试科目：《电子电路与系统基础 II》

2013.1.13

班号：

学号：

姓名：

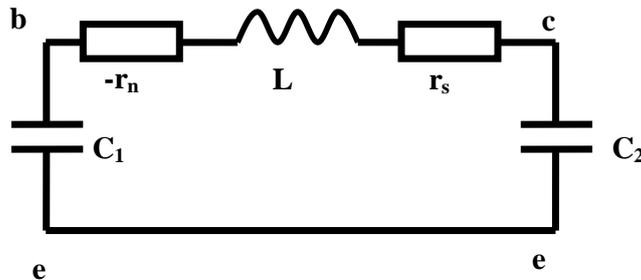
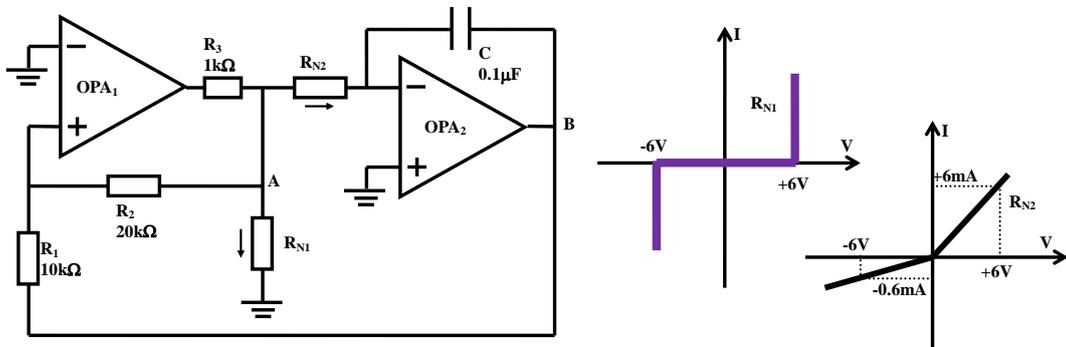


图 6 考毕兹振荡器负阻等效电路

三、(+15 分) 如图 7a 所示，这是一个张弛振荡器电路。已知两个运放的饱和电压为 $\pm 13V$ ，两个非线性电阻 R_{N1} 和 R_{N2} 的伏安特性曲线如图 7b、c 所示，图 7a 电路图中 R_{N1} 和 R_{N2} 电阻侧边的箭头为端口电压端口电流关联参考方向。



(a) 张弛振荡器电路图 (b) R_{N1} 伏安特性曲线 (c) R_{N2} 伏安特性曲线

图 7 某张弛振荡器

(1) 填表，说明每个器件在电路中起的作用是什么。

器件	功能或作用
$OPA_1+R_1+R_2$	OPA_1 和 R_1 、 R_2 电阻形成正向施密特触发器，提供张弛振荡需要的双稳记忆
R_3	
R_{N1}	

R_{N2}	
OPA_2+C	

- (2) 画出图 7a 中 A 点和 B 点的振荡波形。
- (3) 配合 (2) 问所画振荡波形，描述该张弛振荡器的工作原理。
- (4) 计算该振荡器的振荡频率？

四、(+14 分) 如图 8 所示电路，已知电容初始储能为 $2nJ$ 。t=0 时开关闭合，电容电压的响应为 $v_c(t) = 2e^{-5 \times 10^6 t} \cos(30 \times 10^6 t) (V)$ ，(t ≥ 0)，求 R、L、C 具体数值，电感初始储能，和电路 t ≥ 0 进入稳态过程中电阻总共消耗的能量大小。

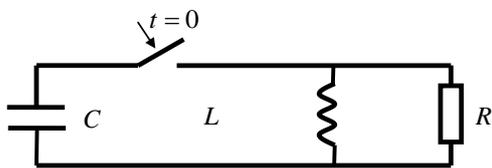


图 8 RLC 并联谐振电路

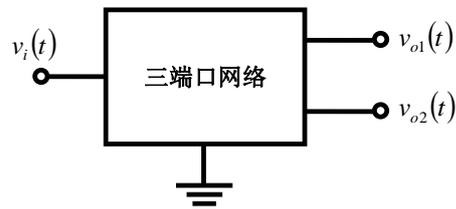


图 9 三端口网络设计

五、(+10 分) 请设计一个简单计数器，可以实现如下的循环计数：01, 11, 10。请按如下流程进行设计：a 画真值表，b 画卡诺图，c 获得组合逻辑表达式，d 画计数器电路图。

六、(+6 分) 如图 9 所示，三个端点和地端点形成三个端口，1 端口为输入端口，2、3 端口为输出端口，1 端口输入为正弦波，要求 2、3 端口输出正弦波为正交信号。所谓正交信号，即两路正弦信号的幅度相同，相位差 90° ，已知输入正弦信号频率为 $f_0 = 1MHz$ ，请给出你的设计电路，并说明你的设计符合要求。