



和电源等组成。当水箱缺水时,水位低于B点,水位传感电极A-B、B-C之间由于没有被水淹没而开路, VT_1 、 VT_2 处于截止状态。继电器K线圈中无电流,因而继电器呈释放状态,继电器衔铁F与动断触点D接触,接通水泵电源 V_{B2} ,小离心水泵电动机启动,向储水池供水。当水位上升至A点时,水位传感电极A-B之间被水淹没,产生基极偏置电流使得 VT_1 、 VT_2 导通放大,继电器吸合,动断触点断开,小离心水泵停止供水。此时,继电器衔铁F与动合触点E接触,水泵电源 V_{B2} 通过已接通的F-E与C-B之间能微弱导电的水,继续产生维持 VT_1 、 VT_2 导通所需的偏置电流,使继电器吸合。直到水位降至B点以下时,C-B之间开路, VT_1 、 VT_2 截止,继电器释放,动断触点接通,小离心水泵开始供水。如此周而复始,完成水位的自动控制。

小结

本章主要介绍了以下内容:

(1) 放大电路的组成原则。直流通路必须保证晶体管有合适的静态工作点;交流通路必须保证输入信号能够作用于放大电路的输入回路,并且能够使放大后的交流信号传送到放大电路的输出端。

(2) 分析放大电路的原则是“先静态”“后动态”。静态分析主要是确定静态工作点,动态分析一是确定动态指标 A_u 、 R_i 和 R_o ,二是分析输出电压波形。

(3) 分析放大电路的方法有图解法、估算法或微变等效电路法。图解法就是利用晶体管的输入、输出特性曲线用作图的方法求解电路的静态工作点 Q ,并分析电路参数对静态工作点的影响,动态图解分析主要是根据输入电压的波形画出输出电压的波形,从而分析静态工作点 Q 对输出电压波形失真情况的影响;图解法直观、形象,但较麻烦。估算法主要用于静态工作点的估算,它是根据直流通路图,运用直流电路的分析方法求解静态工作点,较图解法简单,应重点掌握。微变等效电路法是当输入信号较小时,将晶体管等效成线性元件,从而用线性电路的分析方法进行分析计算,只适用于小信号的情况。

(4) 晶体管和场效应晶体管的基本放大电路。晶体管的基本放大电路有共射、共集和共基这3种。共射放大电路输出电压与输入电压反相位,既有电流放大作用又有电压放大作用。共集放大电路输出电压与输入电压同相位,只能放大电流而不能放大电压信号,因它输入电阻高、输出电阻低,常被用作多级放大电路的输入级、中间级或输出级。

场效应晶体管的基本放大电路有共源、共漏和共栅这3种,分别对应于晶体管的共射、共集和共基放大电路,但比晶体管电路的输入电阻高。

(5) 多级放大电路有4种耦合方式,分别是直接耦合、阻容耦合、变压器耦合和光电耦合。多级放大电路的电压放大倍数等于各单级电压放大倍数的乘积;输入电阻等于第一级放大电路的输入电阻;输出电阻为最后一级放大电路的输出电阻。

(6) 差分放大电路结构对称,它能够有效地抑制零点漂移。差分放大电路对共模信号具有较强的抑制能力,而对差模信号具有一定的放大能力。对共模信号的抑制能力和对差模信号的放大能力用共模抑制比衡量,共模抑制比越大越好。差分放大电路具有4种输入-输出方式,分别是双端输入-双端输出、双端输入-单端输出、单端输入-双端输出、单端输入-单端输出。





电子管及其放大电路

目前多数电子仪器设备中的放大电路,无论是分立元件还是集成放大电路,所用的放大器件大都是半导体器件,但放大电路最初所用的放大器件是电子管,称为电子管放大电路。大家所熟知的世界上第一台计算机所用的即电子管放大电路。虽然电子管具有体积大、功耗多的缺点,但是其工作的稳定性是半导体器件所望尘莫及的。且由于制作工艺水平的限制,半导体器件还存在稳定性较差、功率不够大及参数分散性较大(同一型号的管子性能参数差别较大)等弱点,以至于尚不能完全取代电子管,电子管放大电路尚未完全退出历史舞台,如广播电视发射设备中的放大电路。

电子管通常有二极电子管、三极电子管、五极电子管和束射四级管等。

二极电子管的主要结构是在高度真空的玻璃管壳内装有两个金属电极,阴极和阳极。二极电子管与晶体二极管一样,也具有单向导电性,可用于整流电路中。

三极电子管的主要结构是在高度真空的玻璃管壳内装有3个金属电极,阴极、阳极和栅极。三极电子管的阴极相当于晶体管的发射极,阳极相当于集电极,栅极相当于基极。三极电子管主要用于放大电路中,可组成单管放大电路,也可以组成阻容耦合、变压器耦合或直接耦合等形式的多级放大电路。三极电子管极间电容较大,放大系数较小。

五极电子管的构造是在三极电子管的基础上,又增加了两个栅极,是具有阴极、阳极和三个栅极的电子管。五极电子管与三极电子管相比,不仅极间电容大为减小,且放大倍数大为提高。五极电子管可用于中频及高频电压放大电路中。

束射四级管在结构上和五极电子管不同之处是少了一个栅极,另装置了一对和阴极相连的聚束板。束射四级管允许通过的电流较大,并且有较大的输出功率,常用于放大电路的最后一级作为功率放大电路。

习 题

8-1 单项选择题

(1) 如图 8.60 所示,当测量集电极电压 U_{CE} 时,发现它的值接近于电源电压,此时晶体管处于()状态。

A. 截止状态

B. 饱和状态

C. 放大状态

(2) 在图 8.60 中,设 $V_{CC} = 12V$,晶体管的饱和管压降 $U_{CES} = 0.5V$ 。当 R_B 开路时,集电极电压 U_{CE} 应为()。

A. $0V$

B. $0.5V$

C. $12V$

(3) 如图 8.61 所示,晶体管不能工作在放大状态的原因是()。

A. 发射结正偏

B. 集电结正偏

C. 发射结反偏



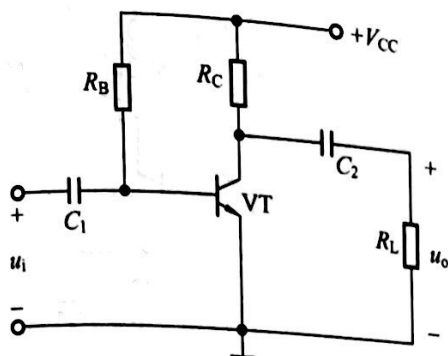


图 8.60 习题 8-1(1) 图

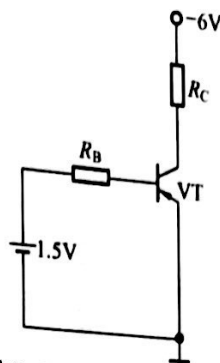


图 8.61 习题 8-1(3) 图

(4) 用晶体管组成一单管放大电路, 已知该放大电路输出电压与输入电压反相位, 既能放大电流又能放大电压, 则该电路是()。

- A. 共基放大电路 B. 共集放大电路 C. 共射放大电路

(5) 选用差分放大电路的原因是()。

- A. 克服零点漂移 B. 提高输入电阻 C. 稳定放大倍数

(6) 差分放大电路的差模信号是两个输入端信号的(), 共模信号是两个输入端信号的()。

- A. 差 B. 和 C. 平均值

(7) 用恒流源取代典型差分放大电路中的发射极电阻 R_E , 是为了()。

- A. 增大差模电压放大倍数 B. 增强抑制共模信号的能力
C. 增大差模输入电阻

(8) 直接耦合放大电路存在零点漂移的原因是()。

- A. 电源电压不稳定 B. 晶体管参数受温度影响
C. 电路参数的变化

8-2 判断题(正确的请在每小题后的圆括号内打“√”, 错误的打“×”)

(1) 交流放大电路不需要外加直流电源, 电路也能正常工作。 ()

(2) 画交流通路时, 可将直流电源视为短路, 所以当电路处在动态时, 直流电源不再工作。 ()

(3) 共集放大电路既能放大电流, 也能放大电压。 ()

(4) 要使放大电路得到最大不失真输出电压, 静态工作点应选在交流负载线的中点上。 ()

(5) 在基本共射放大电路中, 电路所带的负载电阻越大, 输出电压就越大。 ()

(6) 放大电路的失真都是由于静态工作点设置不合适引起的。 ()

(7) 现测得两个共射放大电路空载时的电压放大倍数均为 -100 , 将它们连成两级放大电路, 其电压放大倍数应为 10000 。 ()

(8) 阻容耦合多级放大电路各级的 Q 点相互独立。 ()

(9) 直接耦合多级放大电路各级的 Q 点相互影响。 ()

(10) 只有直接耦合放大电路中晶体管的参数才随温度而变化。 ()

8-3 试画出图 8.62(a) 和 (b) 的直流通路和交流通路。



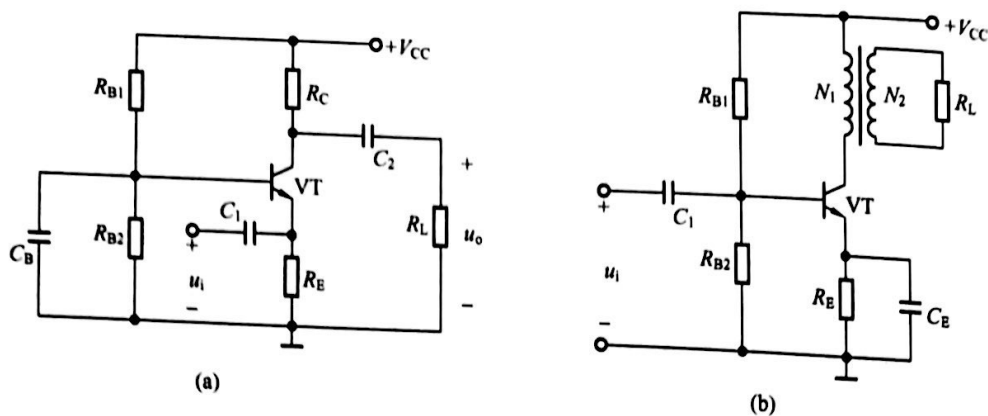


图 8.62 习题 8-3 图

8-4 放大电路如图 8.63(a) 所示, 晶体管的输出特性及交、直流负载线如(b)图所示, 试求:

- (1) 电源电压 V_{CC} 、电阻 R_B 、 R_C 各为多少?
- (2) 若输入电压 $u_i = 20\sin 314t$ (单位为 mV), 基极电流 i_B 的变化范围是 $20 \sim 60\mu A$, 电压放大倍数 \dot{A}_u 和输出电压 u_o 分别是多少?

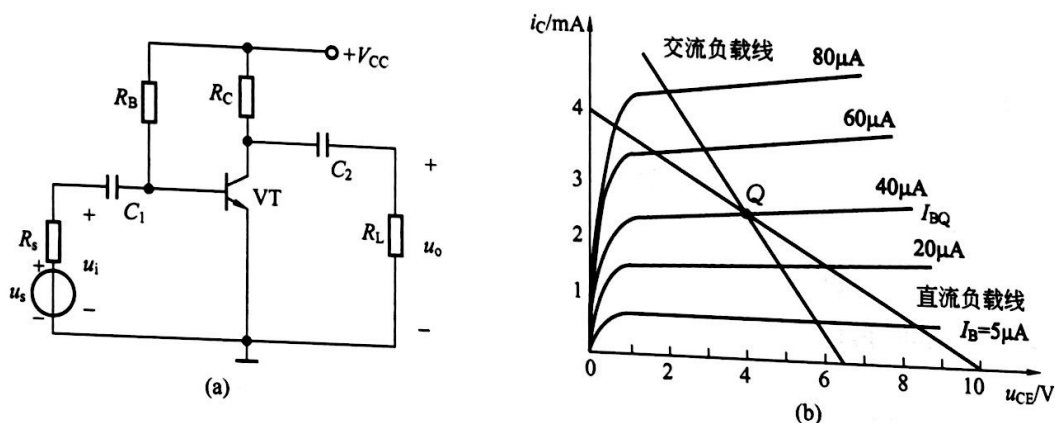


图 8.63 习题 8-4 图

8-5 在图 8.63(a) 中, 已知 $V_{CC} = 12V$, $R_B = 225k\Omega$, $R_C = 3k\Omega$, $R_L = 3k\Omega$, 晶体管的 $\beta = 50$, $r_{bb'} = 300\Omega$, 静态时的 $U_{BEQ} = 0.7V$ 。试求: (1) 静态工作点; (2) $R_L = 3k\Omega$ 和 $R_L \rightarrow \infty$ 时的电压放大倍数 \dot{A}_u ; (3) 放大电路的输入电阻 R_i 和输出电阻 R_o ; (4) 若 $U_i = 15mV$, $R_s = 160\Omega$, 则 U_o 是多少?

8-6 上题中, 若保持其他参数不变, (1) 调整 R_B 使 $U_{CEQ} = 6V$, 求 R_B 的值; (2) 若调整 R_B 使 $I_{CQ} = 4mA$, 求 R_B 的值。

8-7 图 8.64 所示为一种利用温度变化时, 二极管的反向电流会发生相应变化来稳定静态工作点的电路, 试说明其稳定静态工作点的原理。

8-8 如图 8.65 所示, 已知 $V_{CC} = 12V$, $R_{B1} = 51k\Omega$, $R_{B2} = 20k\Omega$, $R_C = 5k\Omega$, $R_E = 2.7k\Omega$, $R_L = 5k\Omega$, $\beta = 50$, $r_{bb'} = 200\Omega$, 静态时 $U_{BEQ} = 0.7V$ 。



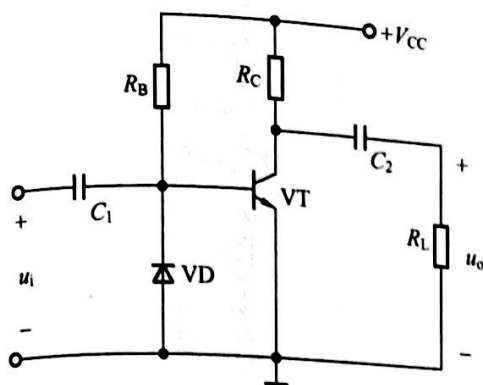


图 8.64 习题 8-7 图

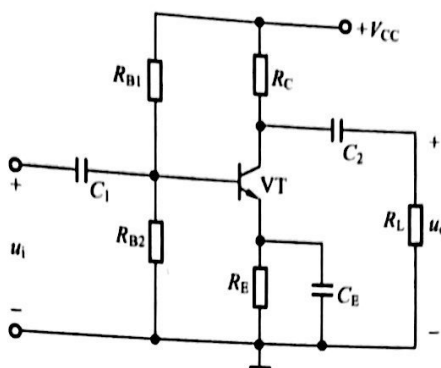


图 8.65 习题 8-8 图

(1) 试估算静态工作点;

(2) 画出电路的交流微变等效电路, 并求 \dot{A}_u 、 R_i 、 R_o ;

(3) 若将 C_E 去掉, 画出交流微变等效电路图, 并求 \dot{A}_u 、 R_i 、 R_o 。

8-9 在图 8.66 中, 已知 $V_{CC} = 10V$, $R_B = 200k\Omega$, $R_E = 5.4k\Omega$, $R_L = 5.4k\Omega$, $\beta = 40$, $r_{be} = 1.4k\Omega$, 信号源内阻 $R_s = 200\Omega$, 静态时 $U_{BEQ} = 0.7V$ 。

(1) 试估算静态工作点;

(2) 画出电路的交流微变等效电路, 并求 \dot{A}_u 、 R_i 、 R_o 。

8-10 在图 8.67 中, 若变压器绕组匝数 $N_1 = 200$ 匝, $N_2 = 100$ 匝, 晶体管的 $\beta = 50$, $r_{be} = 1.1k\Omega$, 负载电阻 $R_L = 4k\Omega$, 求电压放大倍数 \dot{A}_u 。

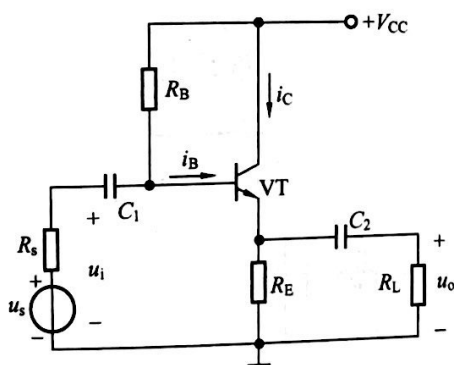


图 8.66 习题 8-9 图

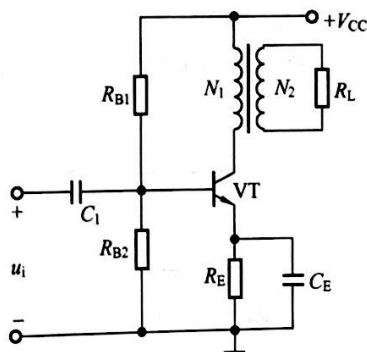


图 8.67 习题 8-10 图

8-11 如图 8.68 所示, 已知 $V_{CC} = 12V$, $R_B = 300k\Omega$, $R_C = 5k\Omega$, $R_E = 5k\Omega$, 晶体管的 $\beta = 50$, $r_{be} = 1.2k\Omega$, 静态时 $U_{BEQ} = 0.7V$ 。

(1) 试估算电路的静态工作点;

(2) 画出电路的交流微变等效电路;

(3) 若 $u_i = 20\sin 314t$ (单位为 mV), 则输出电压 u_{o1} 、 u_{o2} 各是多少?

8-12 如图 8.69 所示, 已知 $V_{CC} = 15V$, $R_{B1} = 20k\Omega$, $R_{B2} = 5k\Omega$, $R_C = 5k\Omega$, $R_E = 2k\Omega$, $R_f = 300\Omega$, $R_L = 5k\Omega$, 晶体管的 $\beta = 100$, $r_{be} = 1k\Omega$, 静态时 $U_{BEQ} = 0.7V$ 。



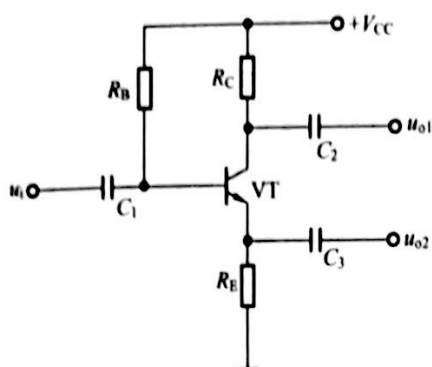


图 8.68 习题 8-11 图

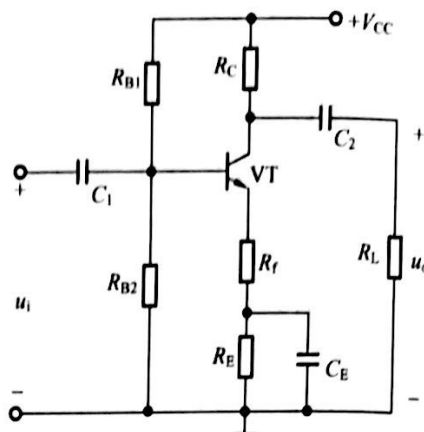


图 8.69 习题 8-12 图

- (1) 试估算电路的静态工作点;
- (2) 画出电路的交流微变等效电路;
- (3) 求 \dot{A}_u 、 R_i 、 R_o ;
- (4) C_E 的作用是什么?

8-13 如图 8.70 所示, 已知晶体管的 β 为 80, r_{be} 为 $1.2\text{k}\Omega$, 场效应晶体管的 g_m 为 6mS ; 静态工作点合适。

- (1) 试画出电路的交流微变等效电路;
- (2) 求电压放大倍数 \dot{A}_{u1} 、 \dot{A}_{u2} 、 \dot{A}_u ;
- (3) 求输入电阻 R_i 和输出电阻 R_o 。

8-14 如图 8.71 所示, 电路参数理想对称, 晶体管的 β 均为 80, $r_{be} = 1\text{k}\Omega$, $R_B = 20\text{k}\Omega$, $R_C = 10\text{k}\Omega$, $R_P = 200\Omega$ 。试求当 R_P 在中点时的电压放大倍数 \dot{A}_u 。

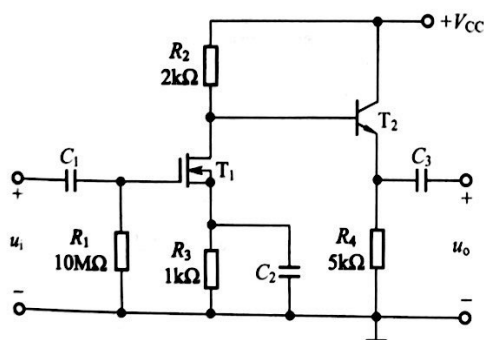


图 8.70 习题 8-13 图

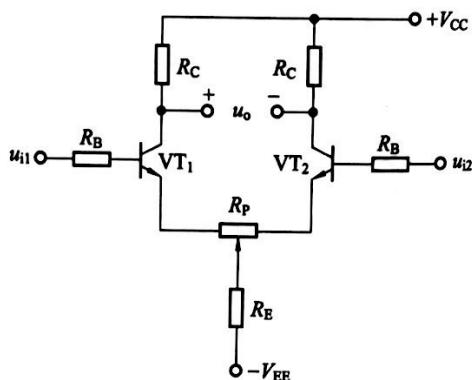


图 8.71 习题 8-14 图

8-15 如图 8.72 所示, 电路参数理想对称, 晶体管的 β 均为 80, $r_{be} = 1\text{k}\Omega$, $R_B = 20\text{k}\Omega$, $R_C = 10\text{k}\Omega$, $R_P = 200\Omega$, 试求当 R_P 在中点时的电压放大倍数 \dot{A}_u 。

8-16 如图 8.73 所示, 电路参数理想对称, 场效应晶体管 VT_1 、 VT_2 的低频跨导 g_m 均为 4mS , $R_D = 10\text{k}\Omega$, $R_L = 10\text{k}\Omega$ 。试求电路的差模电压放大倍数 \dot{A}_u 。



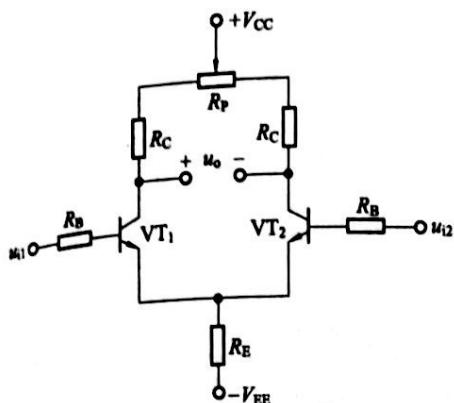


图 8.72 习题 8-15 图

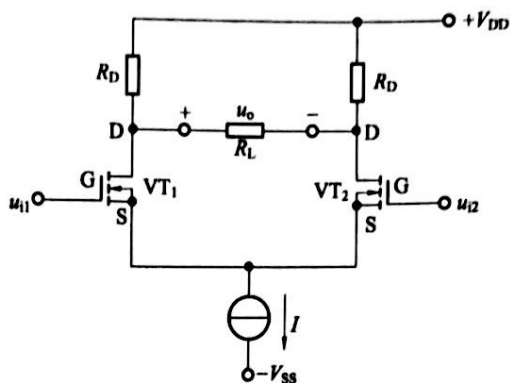


图 8.73 习题 8-16 图

8-17 图 8.74 所示电路为“一断即响”的防盗电路。使用时，将防盗线 L(很细的金属漆包线)缠绕在防盗物上，然后接在电路的 C、D 两端。合上电源开关 S，当窃贼无意中弄断报警线 L 时，扬声器 B 即会发出“嘟……”的报警声来。试说明其工作原理。

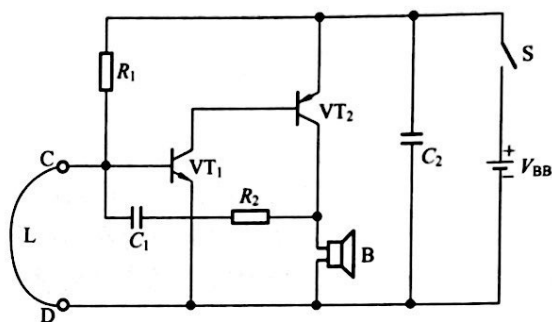


图 8.74 习题 8-17 图

8-18 图 8.75 所示为一自动灭火的自动控制电路。图中 S 是双金属复片式开关，当火焰烧烤到双金属复片时，复片趋于伸直状态而使得开关接通。M 是带动小风扇叶片旋转的电动机，小风扇对准火焰吹风时，使火焰熄灭。试说明其工作原理。

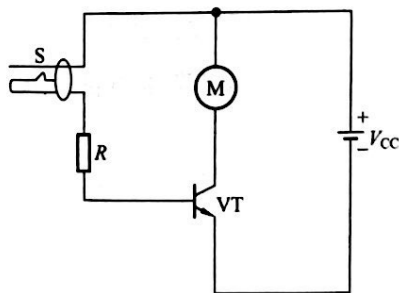


图 8.75 习题 8-18 图

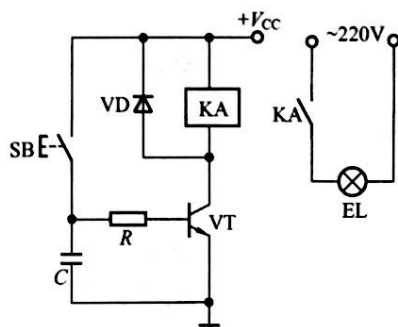


图 8.76 习题 8-19 图



【第8章自测试题
(多级放大电路)】



【第7-8章测试题】

