

## 第六章 电容式传感器

P102

6-1 说明电容式传感器的工作原理及类型？

解：参见教材：P88～92

6-4 推导差动式变极距型电容式传感器的灵敏度和非线性误差，并与单一型传感器做比较。

解：差动式变极距型电容式传感器原理图如下所示：

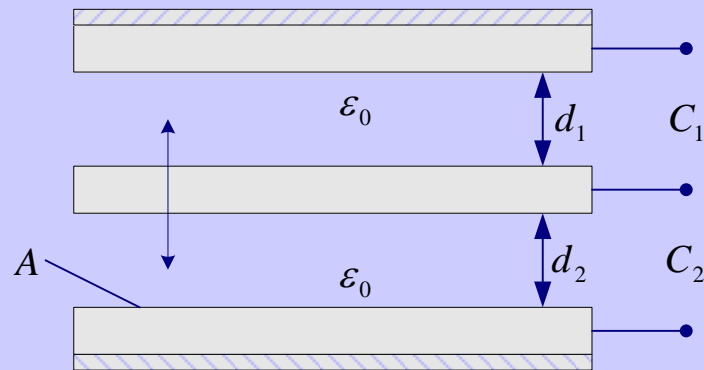


图6-4 差动式变极距型电容式传感器  
原理图

## 第六章 电容式传感器习题参考答案

在差动式平板电容器中, 当动极板上移 $\Delta d$ 时, 电容器 $C_1$ 的间隙 $d_1$ 变为 $d_0 - \Delta d$ , 电容 $C_2$ 的间隙 $d_2$ 变为 $d_0 + \Delta d$ , 则:

$$C_1 = C_0 \frac{1}{1 - \Delta d / d_0}$$

$$C_2 = C_0 \frac{1}{1 + \Delta d / d_0}$$

当 $\Delta d / d_0 \ll 1$ 时, 按级数展开为:

$$C_1 = C_0 \left[ 1 + \frac{\Delta d}{d_0} + \left( \frac{\Delta d}{d_0} \right)^2 + \left( \frac{\Delta d}{d_0} \right)^3 + \dots \right]$$

$$C_2 = C_0 \left[ 1 - \frac{\Delta d}{d_0} + \left( \frac{\Delta d}{d_0} \right)^2 - \left( \frac{\Delta d}{d_0} \right)^3 + \dots \right]$$

电容总的变化量为:

$$\Delta C = C_1 - C_2 = C_0 \left[ 2 \frac{\Delta d}{d_0} + 2 \left( \frac{\Delta d}{d_0} \right)^3 + 2 \left( \frac{\Delta d}{d_0} \right)^5 + \dots \right]$$

电容的相对变化量为：

$$\frac{\Delta C}{C_0} = 2 \frac{\Delta d}{d_0} \left[ 1 + \left( \frac{\Delta d}{d_0} \right)^2 + \left( \frac{\Delta d}{d_0} \right)^4 + \dots \right]$$

略去高此项，则 $\Delta C/C_0$ 与 $\Delta d/d_0$ 近似有如下的线性关系：

$$\frac{\Delta C}{C_0} \approx 2 \frac{\Delta d}{d_0}$$

灵敏度为：

$$K = \frac{\Delta C/C_0}{\Delta d} \approx \frac{2}{d_0}$$

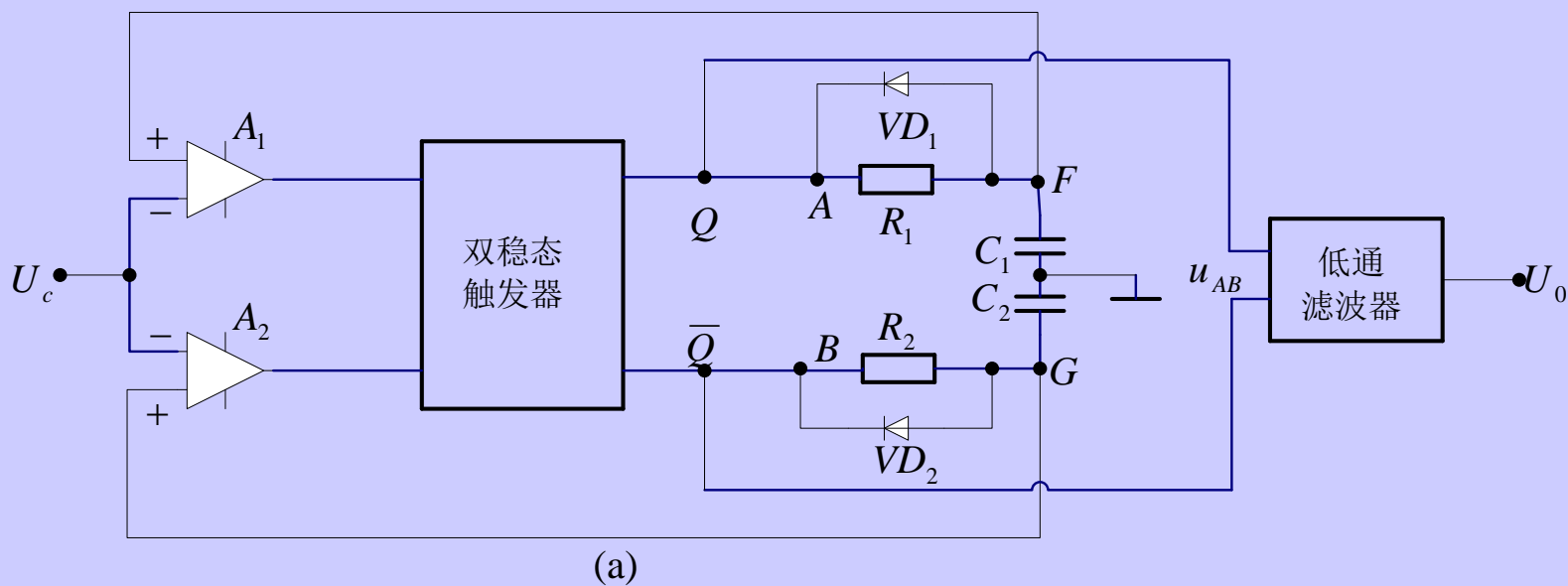
非线性误差近似为：

$$\delta = \frac{2 \left| (\Delta d/d_0)^2 \right|}{\left| 2(\Delta d/d_0) \right|} \times 100\% = \left( \frac{\Delta d}{d_0} \right)^2 \times 100\%$$

所以差动变极距型电容式传感器比单一结构式传感器灵敏度提高一倍，非线性误差大为减少。

6-3 说明脉冲宽度调制的电路的工作原理及在差动电容相等和不等时的各点电压波形。

解：电路如下图所示：



工作原理为：

当双稳态触发器的输出端 $Q$ 为高电位时，通过 $R_2$ 对 $C_1$ 充电；

当 $\bar{Q}$ 端的输出为低电位时，电容 $C_2$ 通过二极管 $VD_2$ 放电，

$G$ 点被钳制在低电位。

当 $F$ 点的电位高于参考电为 $U_c$ 时，比较器 $A_1$ 的输出极性改变，产生脉冲，使双稳态触发器翻转， $Q$ 端的输出变为低电位，

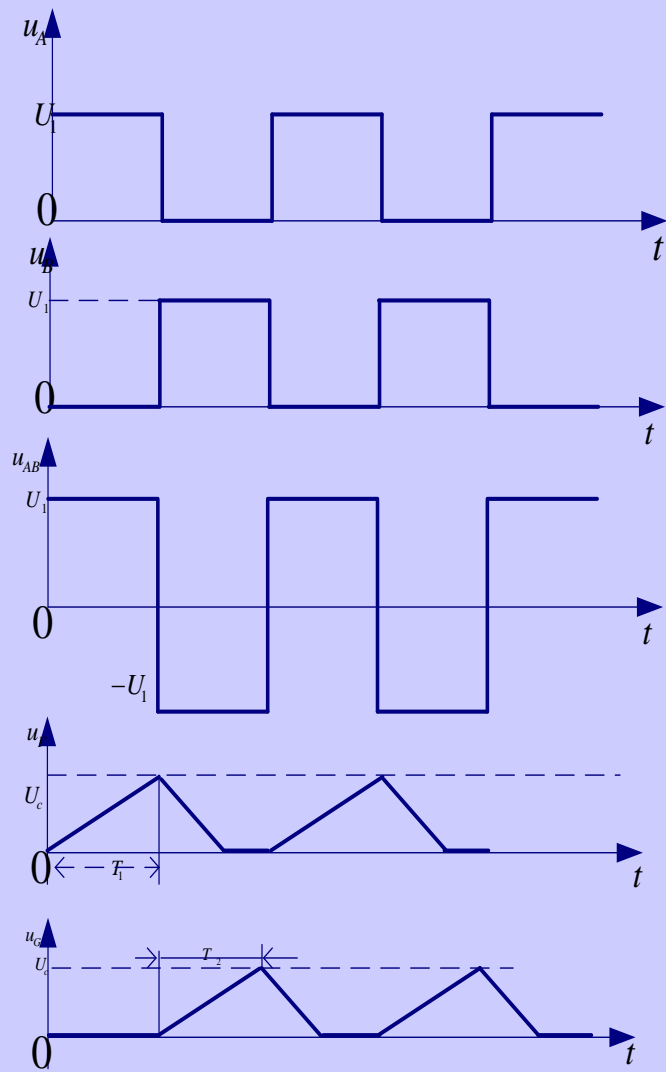
而 $\bar{Q}$ 端变为高电位。这时 $C_2$ 充电， $C_1$ 放电。

当 $G$ 点电位高于 $U_c$ 时，比较器 $A_2$ 的输出再一次翻转，如此反复，使双稳态触发器的输出端各自产生宽度受 $C_1$ 和 $C_2$ 调制的放波信号。

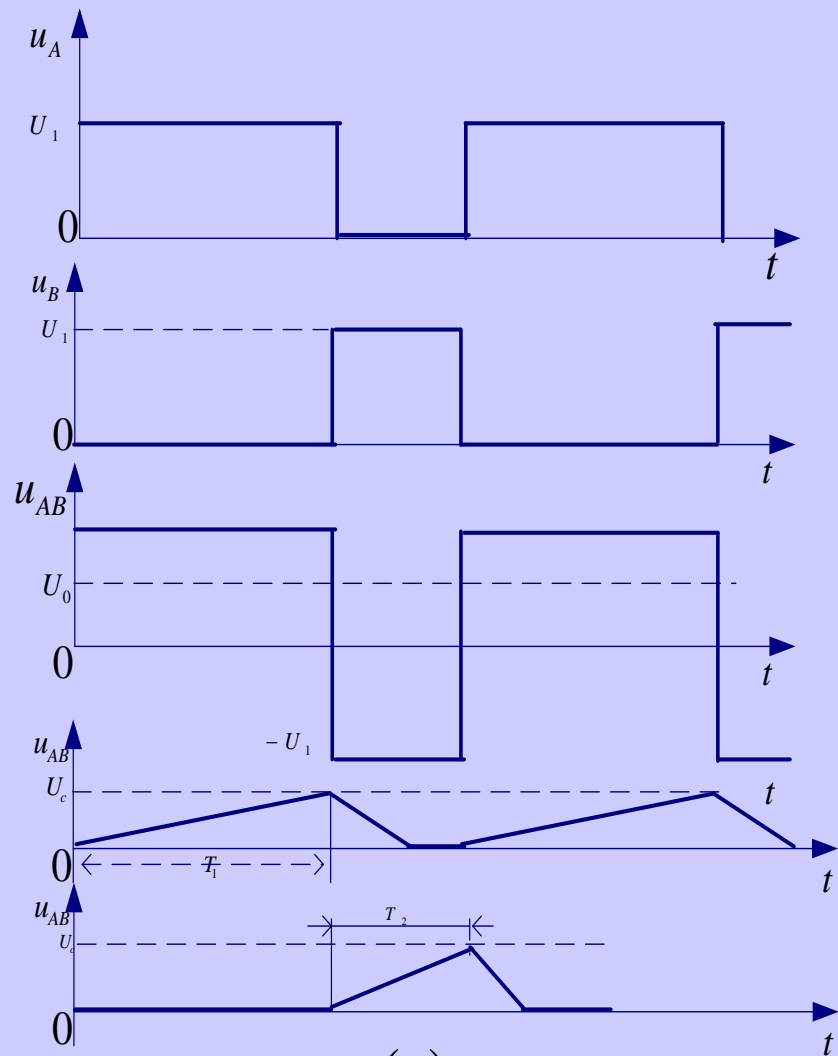
当 $C_0 = C_1 = C_2$ 时，各点电压波形入图(b)所示。

当 $C_1 \neq C_2$ 时， $C_1$ ， $C_2$ 的充电时间发生变化，若 $C_1 > C_2$ ，各点电压波形如图(c)所示。

# 第六章 电容式传感器习题参考答案



(b)



(c)

6-4 变极距型平板电容式传感器， $d_0 = 1mm$ ，要求测量线性度为0.1%，允许测量的最大误差变化量。

解：由非线性误差 $\delta$ 为：

$$\delta = \left| \frac{\Delta d}{d_0} \right| \times 100\%$$

已知 $d_0$ 为 $1mm$ ，所以可得：

$$|\Delta d| = 0.001mm,$$

即允许测量变化的最大量为 $0.001mm(1 \times 10^{-6}m)$