

# 一种新颖的 MEMS 光开关测量平台的设计与实现

## 1 引言

随着光通信技术的迅速发展，MEMS 光开关由于具有插入损耗和串话小、消光比高、稳定性好、透明性和可扩展性好、易于集成、偏振不灵敏等优点，将成为核心光交换器件的主流。其静电驱动是目前广泛研究的一种，常见的静电驱动方式有：梳状电极、SDA (scratch drive actuator)、悬臂驱动和扭臂驱动等。悬臂和扭臂驱动的驱动电压高于前两者，但结构简单、工艺上容易实现。在选取其微反射镜最佳工作状态时，需要电压、频率，占空比连续可调的方波信号为激励源。传统的选取方法需要示波器、脉冲信号发生器，直流稳压源三台仪器协调工作才能完成，并且存在诸多弊端，如：测量仪器成本高、操作繁琐、测试周期长、测量精度低等。而在本文介绍的测量平台中，通过高幅值利用单片机控制脉冲频率的方法来选择器件。与当前同类方法相比，具有精度高、可靠性强、成本低、易操作等优点。

## 2 光开关工作原理

图 1 为  $2 \times 2$  微机械光开关的结构示意图，可以采用体硅微机械加工的方法在 (100) 硅片上制作。微反射镜和上电极连在一起，在没有电压输入时，上电极的位置不动，微反射镜处在光通路上，从入射光纤发出的光被微反射镜反射，改变方向后进入到镜面同一侧的出射光纤中，这是开关的反射状态。当上电极和下电极之间有电压输入时，在静电力的作用下，上电极带动微反射镜移开光通路，入射光沿直线传播进入前方的出射光纤，这是开光的直通状态。图 2 为阈值电压随扭梁的厚度变化曲线，图 3 为驱动电压与悬梁位移之间的关系曲线。

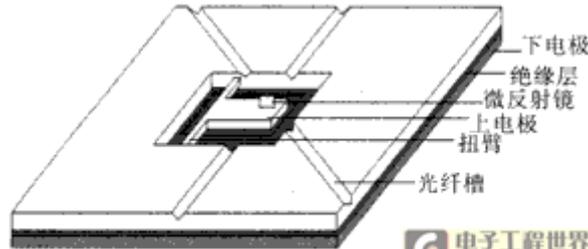


图 1  $2 \times 2$  微机械光开关的结构示意图

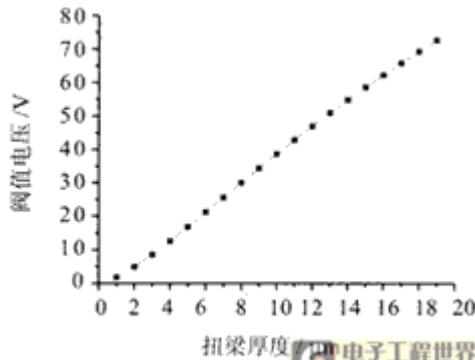
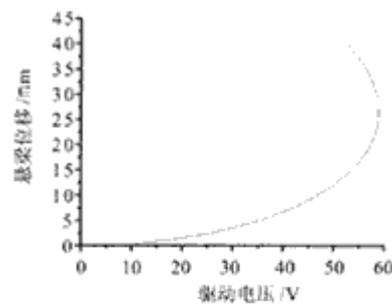
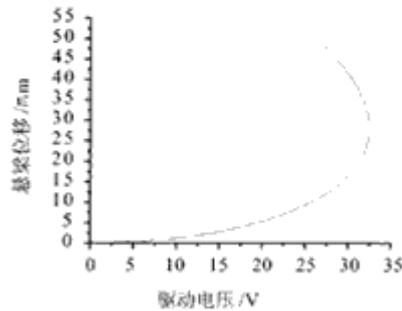


图 2 阈值电压随扭梁的厚度变化曲线



(a) 平面下电极



(b) 倾角下电极

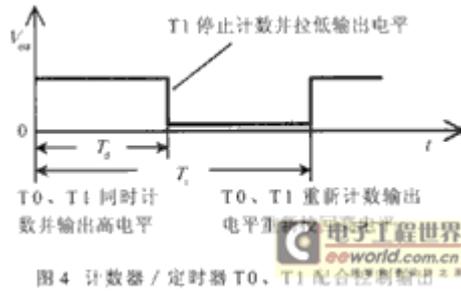
图3 驱动电压与悬梁位移之间的实验曲线

### 3 方案设计与分析

其工作原理是先由单片机产生频率占空比可调的脉冲信号,但因最终信号的电压幅值在40~70V,远大于单片机的工作电压(5V),故将单片机产生的信号先接光耦隔离,再输出到后级的放大电路,然后根据放大电路的调整,输出峰峰值可调的信号。由此可见系统设计主要涉及三个关键部分:产生频率和占空比可调的方波信号、信号放大以及最终信号幅值的测量。

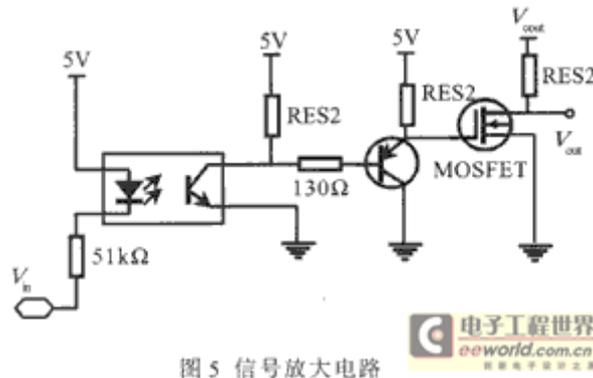
#### 3.1 方波信号源的设计

方波信号的产生电路主要由 AT89C2051 单片机、晶振电路、键盘参数输入和 LED 状态显示等部分组成。单片机 AT89C2051 由软件控制,产生方波信号。软件的设计是利用 AT89C2051 内计数器/定时器 T0 和 T1 互相配合来控制方波的频率和占空比的。AT89C2051 使用 12M 晶振,所以单片机执行一条指令的时间为  $1\mu s$ ,这样根据键盘输入的频率值  $f$  和占空比  $d$ ,得到周期时间常数  $T_t (T_t=1/f)$  和正脉冲的时间长度  $T_d (T_d=T_t \times d\%)$ ,分别送给计数器/定时器 T0、T1。T0、T1 同时开始计数,同时使输出为高电平,因为  $T_d \leq T_t$ ,故 T1 首先计满溢出,执行 T1 的中断服务子程序,拉低输出电平使输出低电平,同时停止 T1 计数。在等待一段时间,待到 T0 计满,再调用执行 T0 的中断服务子程序, T0、T1 重新装载定时常数并开始计时,同时把输出电平拉回高电平。由此完成一个周期的输出。频率和占空比的改变只需改变 T0、T1 的定时常数。输出的波形如图 4。

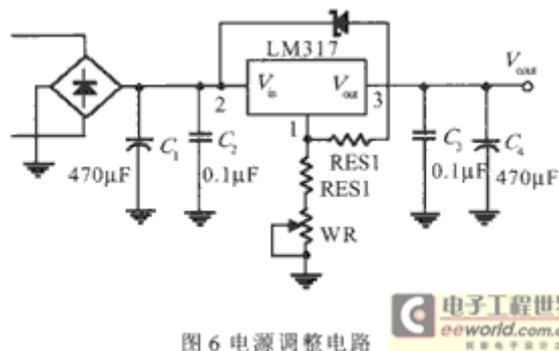


### 3.2 信号放大部分

单片机输出的方波信号高电平时只有 5V 左右，而输出要达到 40~70V，普通的三极管放大电路不能承受这么大的电压。因此在设计中采用 MOS 管，而且 MOS 管有很好的开关性能，会使输出波形很好。电路如图 5。



由 LM317 搭建的稳压电源（见图 6）提供 40~70V 的直流电压  $V_{out}$ 。这个直流电压输出值可由图中的滑动变阻器 WR 调整。 $V_{out}$  通过上拉电阻加在 MOS 管的漏级上，这样当 MOS 管工作在开关状态时，从漏级的输出的电压就在 0V 和  $V_{out}$  之间变化，就由此产生幅值为  $V_{out}$  的方波信号。可见，只要单片机输出的方波信号可控制 MOS 管的开关状态，即可使输出高幅值的方波信号与单片机由软件设计输出的方波同频率同占空比。但是单片机输出的信号大约在 5V 左右，若与后面加有高达 40~70V 电压的 MOS 管直接相连，这样当 MOS 管后级短路输出的高压很容易被引入单片机内，将单片机烧坏。因此必须采取措施避免这种危险的发生。在此设计中采用光耦使得后面输出的高电压与单片机工作时的 5V 低压安全隔离开。



### 3.3 终信号幅值的测量

最后输出的信号为方波信号，要想直接测量输出的峰峰值很困难。但分析完电路不难发现当 MOS 管截止时，MOS 管的输出  $V_{out}$  与稳压源提供的  $V_{cout}$  几乎相等。由此可知可以通过测量稳压源输出的  $V_{cout}$  直流电压，即可得 MOS 管输出方波信号的峰峰值。

在测量电压值不是很精确的情况下，可直接把稳压源提供的  $V_{cout}$  经电阻按比例分压，分出的电压通过 A/D 转换器和单片机处理，所得的结果乘以比例系数，即可得  $V_{cout}$  的实际电压值。将这个值直接送显示部分，则很直观的显示出方波峰峰值。在我们实际设计的仪器中，显示的  $V_{out}$  测量值与空载时的输出值误差不超过  $\pm 0.5V$ 。证明在测量电压值要求不是很精确的情况下，这种方案是方便可行的。

### 3.4 主控平台和显示部分

从总体来看，产生信号的部分和最终信号幅值测量显示部分是各自独立分开的，由两个 AT89C2051 分别完成形成一个简单的分布式结构。这样的结构提高了整个软件部分的稳定性。

主控平台由第一个 AT89C2051 来完成，直接控制方波信号的产生，而且还包括方波信号的频率、占空比的设置和显示，提供友好的人机接口。

对于输出的信号，应该给用户尽量直观的结果，在主控平台提供频率和占空比显示的同时，还应使用户直观准确地知道输出信号幅值，这样在用户没有第三方的测量仪器的情况下，对仪器操作非常方便和精确。这部分的工作就由第二个 AT89C2051 和 A/D 转换器 AD0804 配合完成。

单片机核心部分源程序如下：

```
... ..
//generate pulse signal
//period= the period of pulse signal
//positive=the length of positive voltage
timer0() interrupt 1 using 1 {
  unsigned int temp;
  out=1; //output VOH
  temp=65535-period;
  TL0=temp; //set value for timer0
  TH0=temp>>8;
  temp=65535-positive;
  TL1=temp; //set value for timer1
  TH1=temp>>8;
  TR1=1;
  TR0=1; //start timer1, 0
}
timer1() interrupt 3 using 2 {
  out=0; //timer1 记满,output VOL
  TR1=0; //stop timer1
}
...
```

## 4 结语

测量悬臂和扭臂驱动的光开关的驱动电压是在制作微机械光开关过程中比较繁琐的程序,本测量平台采用单片机控制脉冲频率的方法来选择器件。与传统方法相比,具有精度高、可靠性强、成本低、易操作等优点。本测量平台经过吉林大学集成光电子学国家重点联合实验室近半年的使用,系统稳定,效果良好,是一种省时高效的测量方法。