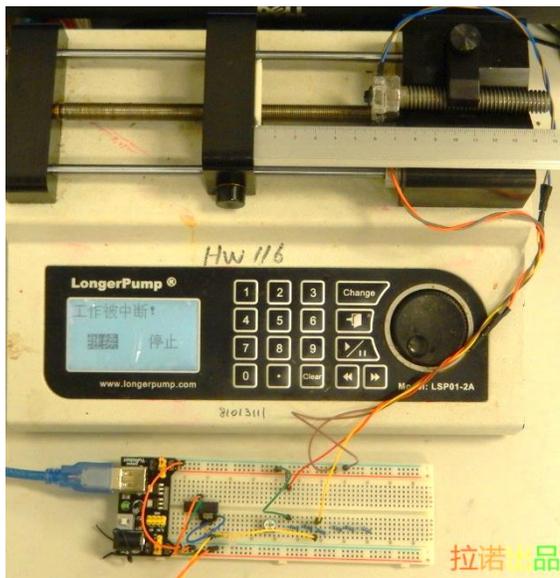


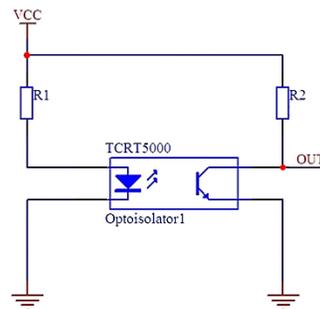
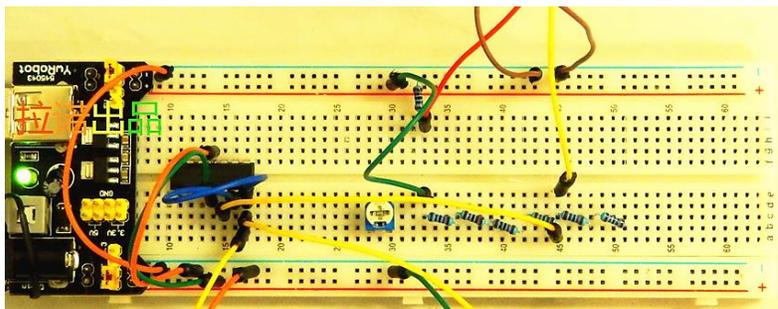
实验一：红外线距离感受器的输出信号 (V_{out}) 与测量表面距离 (D) 的关系

S1. 器材



(致谢香港大学微流体实验室)

1. 注射泵：用于获得匀速平移；



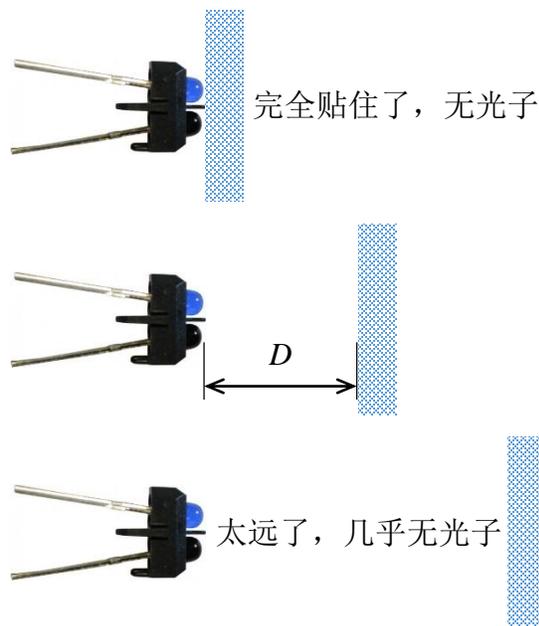
2. 基本电路：供电与信号获取，如右图所示。 $V_{CC} = 3.3 V$ ， $R_1 = 100\Omega$ 。我们会通过调节 R_2 来改变 $\epsilon_{eff} = \epsilon R_2/R_1$ 。 R_2 分别取值 $2.4 k\Omega$ ， $3.6 k\Omega$ ， $4.8 k\Omega$ ， $6 k\Omega$ ；和



3. 漫反射材料：表面粗糙的泡沫胶带。

如右图所示，泡沫胶带在感受器前移动。 D 代表了胶带与感受器之间的距离，如中间图所示。似乎，我们有理由相信，当 D 太小或太大时，三极管都会接受到比较少的反射光子，所以感受器输出的电压信号， V_{out} ，都会比较大。但是，到底感受器反馈的信号是如何的？我们该如何应用这个信号呢？

通过这个实验，我们会了解到红外线感受器所反馈的电压信号， V_{out} ，与 D 的关系，然后提供一个利用方案。

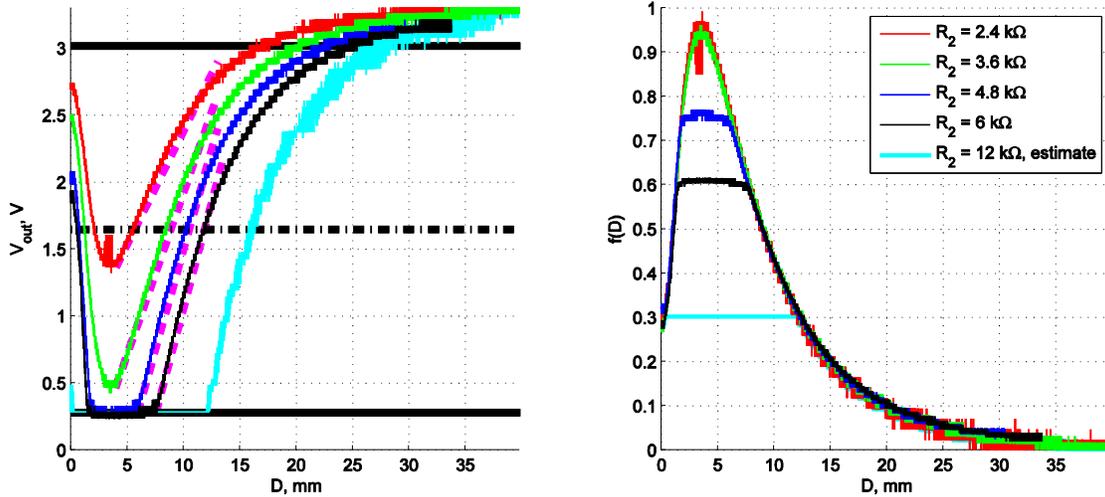


S2. 过程

1. 调整妥当 R_2 至适当阻值；
2. 打开注射泵 和 数据采集卡；
3. 关闭注射泵 和 数据采集卡；和
4. 重复以上步骤。

S3. 现象

下左图的四种颜色的曲线，分别代表了 $V_{out} - D$ 在不同 R_2 条件下的关系。



确实，我们注意到：

1. 红外线距离感受器在近场 (D 小于 $4mm$) 时会失效，具体表现为输出电压不再随距离的减小而减小，反而开始快速增大；
2. 随距离的增加， V_{out} 一开始快速增大，而且几乎是线性的关系（如粉红色虚线表示，虚线的起点是 $D_{近}$ ）；但是当 $(D - D_{近})$ 超过约 $10mm$ 后， V_{out} 的变化便不再那么明显了；和
3. 不同 R_2 导致了不同的最小电压， $V_{out,min}$ ；但是，当 R_2 比较大时， V_{out} 会出现一个平台电压，大约 $0.28V$ 。这个最小平台电压是由三极管最小工作电压决定的，一定会略大于零。

S4. 理论

透过现象看本质，我们发现以上现象不过是验证了以下的比例关系而已，

$$V_{drop} \propto \epsilon \frac{R_2}{R_1} = \epsilon_{eff}$$

所以，我们不妨假设 V_{drop} 关于 D 的方程如下，

$$V_{drop} = R_2 f(D)$$

而

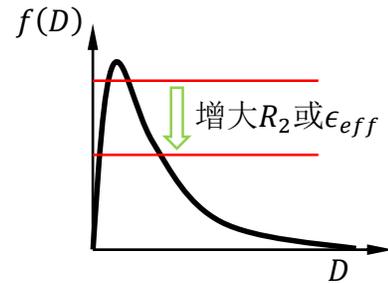
$$V_{out} = V_{cc} - V_{drop}$$

所以, 我们可以把 $f(D)$ 通过实验数据求出来,

$$f(D) = \frac{V_{cc} - V_{out}}{R_2}$$

然后, 把不同 R_2 下的 $f(D)$ 画到一个坐标系内, 我们就可以得到上面的右图了! 四条 $f(D)$ 曲线呈现出完美的拟合!

美中不足的是, 当 R_2 比较大时, $f(D)$ 曲线似乎被砍掉了一个脑袋 (Cut-off Effect), 这是受到了电路最小电压, 0V, 的影响, 与上面左图的 0.28V 平台一个道理, 如右图所示。



S5. 应用

太好了! 我们甚至可以把上面的结论加以应用。比如, 我们想知道 $V_{out} - D$ 在 $R_2 = 12 \text{ k}\Omega$ 时的关系, 套用以下方程就可以估计了,

$$V_{out} = V_{cc} - R_2 f(D)$$

那么我们可以得到上面图中, 淡蓝色的曲线啦! 不要忘记 0.28V 平台哦!

红外线距离感受器就是那么简单。

以上的结论, 对确定合适的 R_2 阻值有很强的参考价值。一般我们不调节 R_1 , 因为它毕竟太小了; 而调节 R_2 有很强的操作性。比如, 我们想把物体悬浮在感受器下方 16mm 处, 似乎 2.4 k Ω 是个不错的选择 (一般而言, 由电压中值 $V_{cc}/2$ 确定; 据不同应用而定, 此处不展开讨论)!