

表面贴装反射传感器

表面贴装反射传感器是将红外LED和光晶体管搭载到小型表面贴装封装中的产品，可通过光晶体管检测LED输出光的反射，用于检测元器件表面附近有无物体。由于使用光反射，不仅可用于检测物体，还可用于检测旋转体的转数等。
 本文以KU163为代表性示例进行说明。

结构

KU163的结构如图1所示。搭载红外LED和光晶体管时用遮光板将两者隔开。设置遮光板的目的是为了防止LED发光时光线穿过元器件内部入射到光晶体管中。搭载遮光板依然无法将穿过元器件内部的光线完全遮蔽，因此作为漏电流值进行规格化。在KU163的应用设计中理解LED与光晶体管的结合特性至关重要，而理解LED与光晶体管各自的特性同样非常重要。

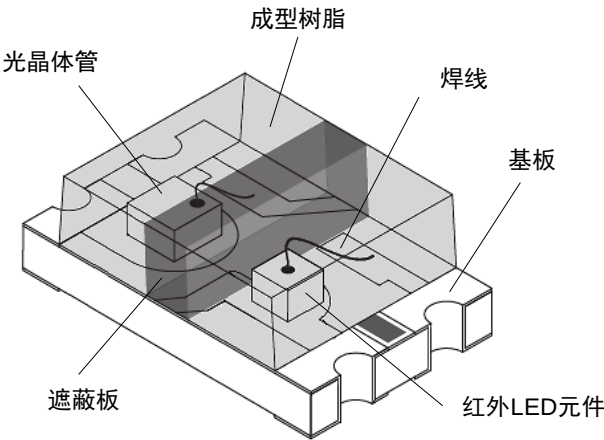


图1. KU163的结构

各种特性

红外LED的特性

KU163中用到的LED元件是一种红外LED，峰值发光波长在940~950nm左右。该发光波长的LED被广泛用于家电用遥控器发光用途。
 红外LED是固态发光元器件，与指示器用可视LED一样，寿命较长。LED基本都是化合物半导体，拥有特性伴随环境温度发生变化的性质。

图2表示环境温度下的相对输出特性。图3表示相同环境温度下的顺向电压特性。
 顺向电压与环境温度呈负特性，输出同样也呈负特性。

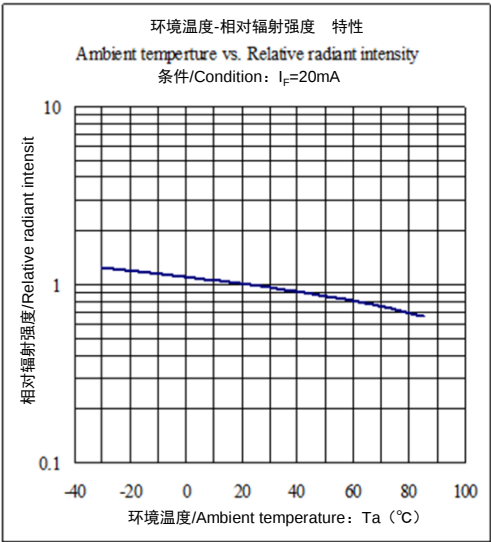


图2 KU163/红外LED的输出特性

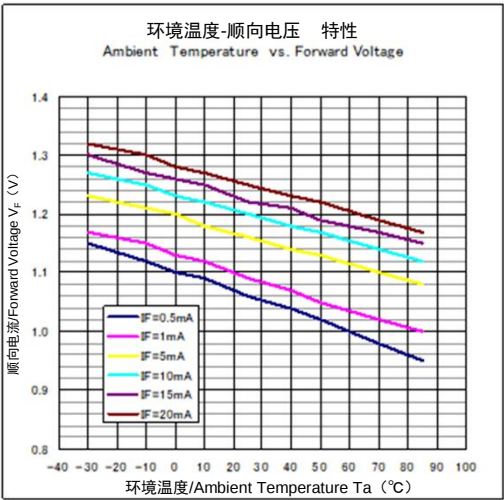


图3 KU163/红外LED的顺向电压特性

通常环境温度允许流通的顺向电流最大值由封装的容许损耗决定。图4是KU163中搭载的LED的降额特性。需要根据使用KU163的组件的最大运行温度来限制顺向电流最大值。在KU163的运行温度上限85℃下，顺向电流被限制为10mA。

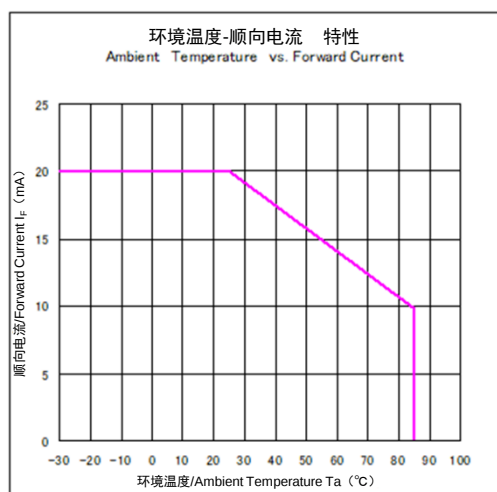


图4. KU163/红外LED的降额特性

光晶体管的特性

光晶体管与LED同为半导体元器件，但属于硅基半导体，与LED相反具有将光转换为电流的功能。光晶体管是利用晶体管放大作用对光二极管产生的光电流进行放大的元件。

通常晶体管中的基极电流相当于光入射产生的光电流。因此，有望获得较大光电流，但响应速度却比光二极管慢。

相较于LED而言，光晶体管的光谱敏感性特性有更宽的波长灵敏度，不仅对红外区域有灵敏度，对可见光区域也有灵敏度。灵敏度的峰值波长与LED的发光峰值波长有差异，但是有更宽的波长灵敏度，所以实际使用中没有问题。

KU163采用有可见光截止滤波器功能的树脂进行封装，可见光区域的灵敏度有所降低。

图5是暗电流特性。暗电流是完全没有光射入的状态（暗状态）下产生的电流值，有图5所示的温度特性。图6是光电流的温度特性。与暗电流一样拥有温度特性。

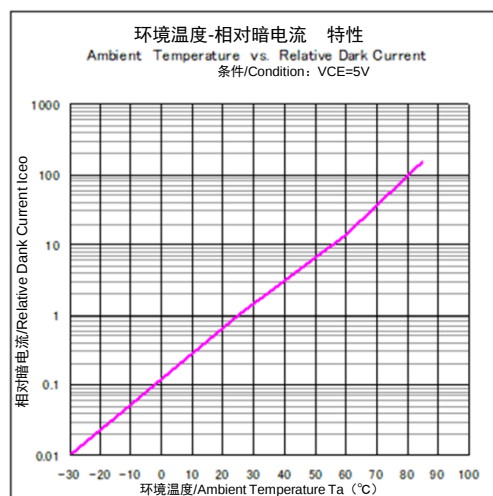


图5. KU163/光晶体管暗电流的温度特性

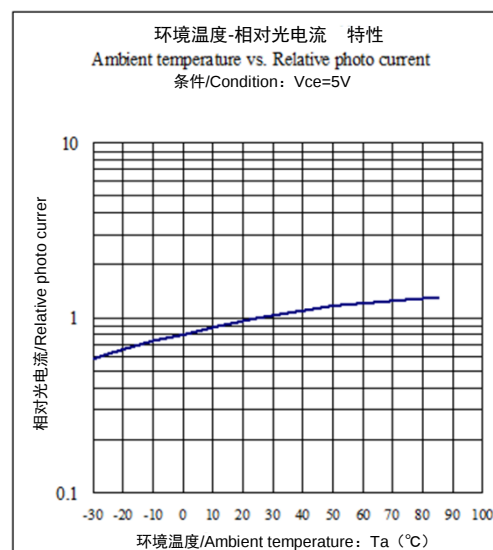


图6. KU163/光晶体管的光电流特性

综上所述，可知LED、光晶体管都有温度特性，设计时事先考虑在何种环境和环境温度下运行非常重要。

作为反射传感器的结合特性

下面对KU163的LED与光晶体管、各自的元件结合后的综合特性进行介绍。

虽然KU163已用遮光板将各元器件遮蔽，避免在元器件内部LED输出的光入射到光晶体管中，但仍有少量光漏出产生光电流。图7是漏电流特性的温度特性。图表是用5mA恒定电流驱动LED时的特性。

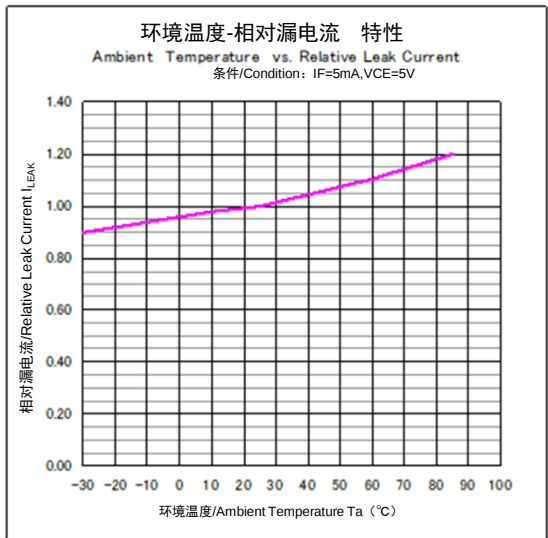


图7. KU163漏电流特性

图8是KU163的光电流特性，是LED侧用5mA恒定电流驱动，将与铝蒸镀面的距离恒定保持在1mm时的光电流输出的温度特性。这也是LED、光晶体管的综合温度特性。另外，光电流输出是包含暗电流和漏电流在内的特性。

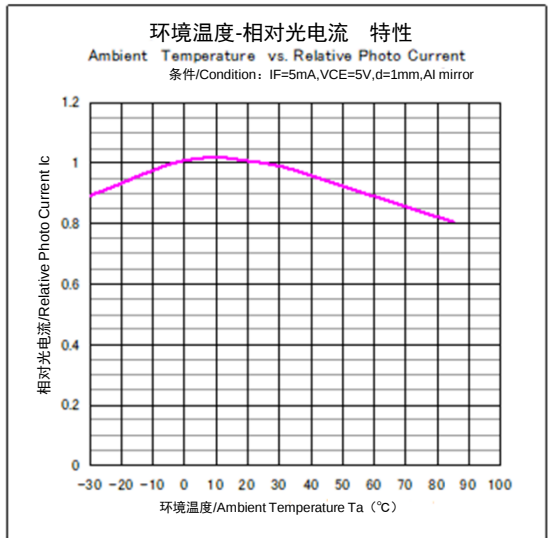


图8. KU163光电流特性

下面是作为反射传感器的特性。

光晶体管的光电流取决于待检测对象的反射率。如图9所示，将从距离KU163上部表面1mm处的铝蒸镀面得到的光电流相对地设为1，用图表表示距离与光电流的特性。

将检测对象的反射率设为参数。图9中，用5mA恒定电流驱动LED，将从相同铝蒸镀面的检测对象得到的光电流相对地设为1，用图表表示KU163与检测对象间的距离发生变化时得到的光电流。

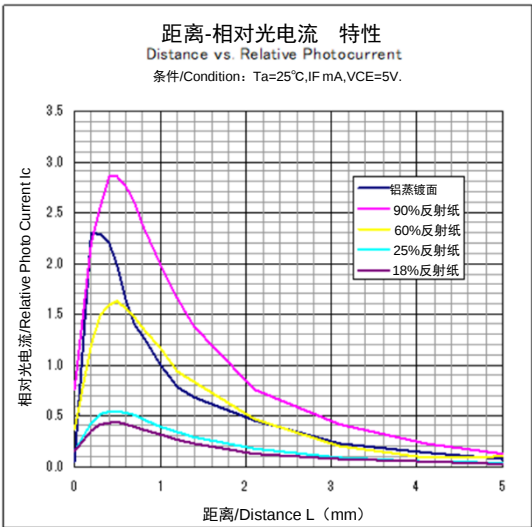


图9. KU163距离-光电流特性

以上为KU163的结合特性。请注意从图9中可明确看出不同检测对象得到的光电流有很大差异。可知90%反射率的纸与铝蒸镀面相比可得到更大的光电流。

应用设计

下面介绍已考虑上述特性的设计示例。

如图10所示，假设目的是检测距离元器件表面1mm处沿固定方向运动的物体的速度。条件设为检测对象上以固定间隔涂布高反射率涂料（假设反射率90%），涂料之间的部分为低反射率（假设反射率20%）。

KU163用在图11的电路中，光电流输出通过负载电阻RL进行电压转换。

将该输出转换成逻辑电平，通过微控制器利用计时器等测量脉冲边缘的时机，并换算成速度。（图12）

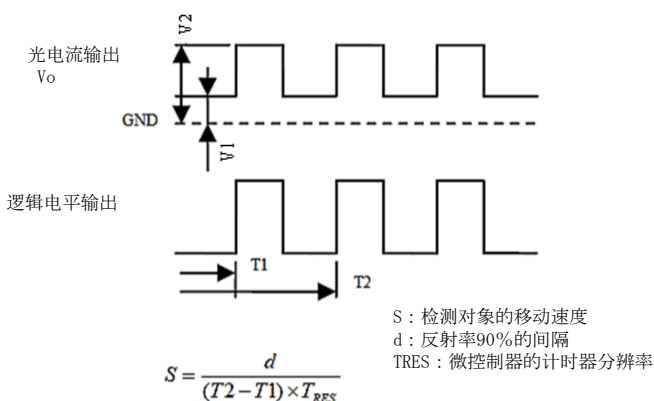
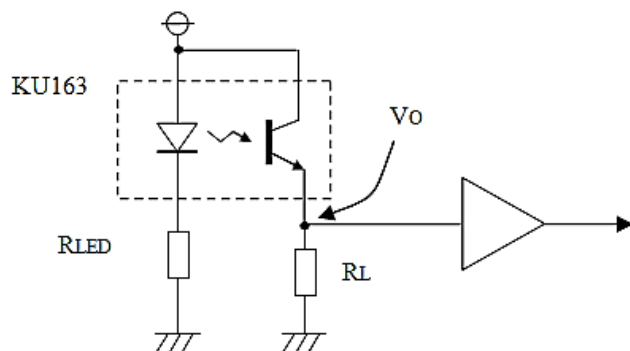
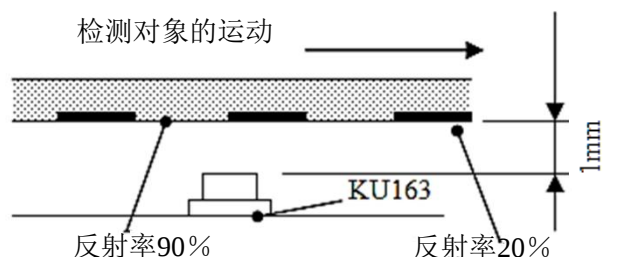


图12. 速度检测

其他运行条件设定如下。

电源电压： 5V

运行温度范围： -30℃～+60℃

将KU163的LED驱动电流设为5mA。

预测图11所示基于负载电阻（RL）的驱动电路在上述条件下会发生充分变动，但这里为了着眼于光晶体管输出，先假设温度条件为室温（25℃）。RL可通过以下公式计算。

$$R_{LED} = (5 - 1.1) / 0.005 = 780\Omega$$

LED的VF使用产品规格的Typ.值算出。

光晶体管输出电压（Vo）根据KU163的特性（图9）和产品规格的Typ.值可期待以下结果。

反射率90%的输出电压： $V_1 = 2 \times 300 (\mu A) \times R_L$

反射率20%的输出电压： $V_2 = 0.6 \times 300 (\mu A) \times R_L$

输出（Vo）与逻辑IC相连，因此设置负载电阻（RL），使其与逻辑电路侧的输入条件相匹配。

首先考虑使其与CMOS电平适配。将CMOS电平的输入设为普通条件时，电源电压为5V，可计算出

H电平： $0.7 \times V_{dd} = 3.5V$

L电平： $0.2 \times V_{dd} = 1.0V$

根据H电平的条件计算RL，得出

$$R_L = \frac{3.5(V)}{2 \times 300 (\mu A)} = 5.8k\Omega$$

计算RL为该值时的L电平输出电压。

$$V_2 = 5.8 \text{ (k}\Omega\text{)} \times 0.6 \times 300 \text{ (}\mu\text{A)} = 1.044\text{V}$$

V_2 为1.044V，即使不考虑设计余量，也无法稳定驱动CMOS逻辑。除了CMOS，还可以考虑连接TTL电平的逻辑（TTL：Transistor Transistor Logic）。条件为H电平2.0V以上、L电平0.8V以下，因此设为 $R_L=3.3\text{k}\Omega$ 时， V_1 为2.16V， V_2 为0.65V，可直接连接到逻辑电路。但是，TTL本身需要驱动电流能力，不适合连接光晶体管输出。建议在CMOS型中使用支持TTL逻辑电平的缓冲器。

图13没有用逻辑电路直接接收输出，而是经过改进后，可通过比较器设定的参考电压来驱动逻辑电路的电路。光晶体管对环境敏感，容易受到周围照明、太阳光等环境光的影响，在有环境光入射的环境中，环境光产生的光电流会与原本的反射光信号产生的光电流输出叠加。以逻辑电平接收输出时，在某些条件下有可能输出H/L电平之间的中间电压。采用图13的电路，能够最大限度保持稳定运行。

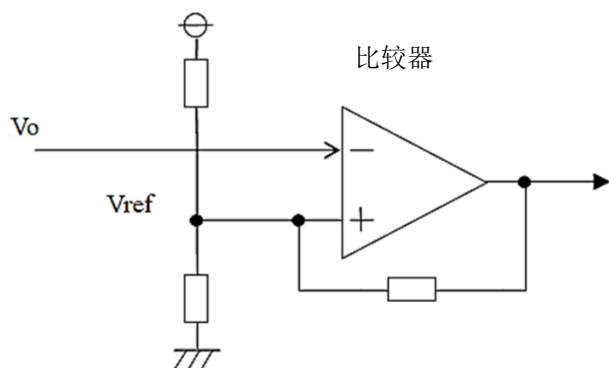


图13. 比较器电路

以上述使用条件来考虑AC运行。

光晶体管存在结电容成分，由该电容成分与负载电阻（ R_L ）决定的响应速度有极限。图14是表示该特性的图表。根据图14可知， $V_{CE}=5\text{V}$ 、 R_L 为 $3.3\text{k}\Omega$ 时，上升时间为 $30\mu\text{s}$ ，下降时间为 $40\mu\text{s}$ 。

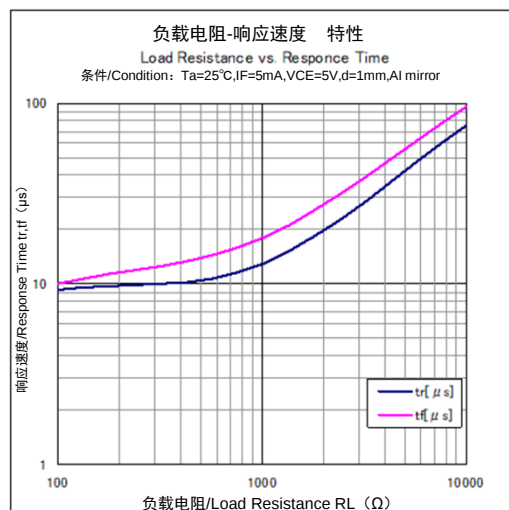


图14. KU163的响应特性

在常用频带与响应速度的关系式中

$$B_W \times T = 0.35$$

B_W ：频带（截止频率）

T ：响应时间

代入 $T=40\mu\text{s}$ 后，可算出截止频率为 8.75 [KHz] 。图10中，如果反射率90%的涂料间隔为 1cm ，可检测到的速度上限为 $8,750\text{cm/秒}$ 。