



物联网(IoT)家电正在遍及我们生活的各个方面。例如智能连接的家庭应用，到可穿戴设备及医疗保健。家电正变得更智能，可通过使用各种传感器和指示器的设计收集周围环境的信息。设备设计师必须考虑并选择最佳的方案来支持这些强大的功能，并不断地设计出美观的产品供消费者选择使用。

随着 IoT 家电的普及，连接用户和设备的方式对于产品的运行和美观是至关重要的。使用 RGB LED 产生彩色信号来显示信息变得非常普遍。ISSI 的 FxLED 系列驱动芯片可提供这样的功能来实现可见的用户界面。FxLED 系列驱动芯片集成了如预置亮度、音频调制、独立 LED 控制 16M 色彩等功能，且可轻松的通过 I2C 接口实现控制。

一些 IoT 家电如亚马逊 Echo、智能门铃和海尔空调等产品正是使用了类似的效果设计。在亚马逊 Echo 的设计中，对使用者的指令反应可通过设备上的灯效来确认。许多新兴的人工智能平台都采用这种灯效设计来确认信息。类似的，在家电应用如空调的使用上，颜色可以用来当作温度的指示，如绿色表示降温，红色表示升温。视频门铃的颜色变化即可表示应答。FxLED 系列驱动芯片提供柔顺和赏心悦目的视觉效果，并结合了信息的传递，使其成为 IoT 家电应用的理想选择。

在本文中，我们将探讨如何使用 ISSI 的 FxLED™ 驱动芯片通过使用特定的颜色使用户界面(UI)看起来井然有序且信息丰富，从而在可见视觉效果中开启一个新的局面。

在此应用示例中，空调设备的设计使用了可以检测房间环境空气质量的传感器。IS31FL3218 用于驱动 18 个红色和 18 个绿色 LED 的双色线性显示来形象地展示检测的空气质量。

IS31FL3218 是最优秀的 LED 驱动，它包含了 18 个恒流通道且每个通道都有独立的 PWM 控制。每路通道的平均输出电流都可通过 I2C 通讯接口设置 PWM 信号的占空比，从而进行 256 级亮度的细腻调控。这种细微等级的 LED 调光控制最适合产生柔顺的彩色转换效果，如在开启和关闭时逐渐调节 LED 亮度，即可产生“LED 呼吸”的效应。

非线性修正

为了实现更好的 LED 视觉呼吸效果，ISSI 建议对控制 LED 亮度的 PWM 值进行非线性修正。非线性修正，也被称作伽玛补偿或伽玛编码，用于编码线性亮度来匹配非线性特性的 LED 显示。IS31FL3218 可以对 LED 亮度进行 256 级调节，设置的每一档 LED 亮度变化即可使用非线性修正来计算，从而使 LED 亮度与人眼的亮度曲线相匹配。这个计算结果可以减少设置 LED 亮度的变化数量，但是仍然可以对人眼呈线性显示。

选择更多的 Gamma 级数可以实现更连续、更柔顺的呼吸效果，特别是在设计较长的呼吸周期时。推荐的经验值是，从最暗到最亮的一个呼吸周期 T 内，当 T=1s，推荐采用有伽玛补偿的 32 个亮度等级；当 T=2s，推荐采用有伽玛补偿的 64 个亮度等级。用户必须确定在 LED 显示上可以实现最佳视觉效果的伽玛补偿级数，这可能会因不同的 LED 特性而有所不同。(以下为伽玛补偿数据)

C(0)	C(1)	C(2)	C(3)	C(4)	C(5)	C(6)	C(7)
0	1	2	4	6	10	13	18
C(8)	C(9)	C(10)	C(11)	C(12)	C(13)	C(14)	C(15)
22	28	33	39	46	53	61	69
C(16)	C(17)	C(18)	C(19)	C(20)	C(21)	C(22)	C(23)
78	86	96	106	116	126	138	149
C(24)	C(25)	C(26)	C(27)	C(28)	C(29)	C(30)	C(31)
161	173	186	199	212	226	240	255

表格 1-32 级亮度的伽玛补偿数据

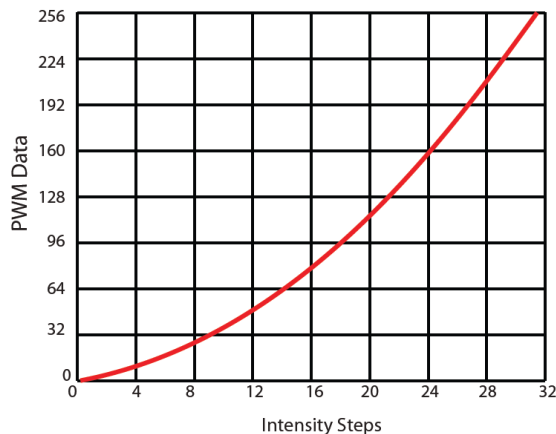


图 1-伽玛补偿修正曲线 (32 级)

C(0)	C(1)	C(2)	C(3)	C(4)	C(5)	C(6)	C(7)
0	1	2	3	4	5	6	7
C(8)	C(9)	C(10)	C(11)	C(12)	C(13)	C(14)	C(15)
8	10	12	14	16	18	20	22
C(16)	C(17)	C(18)	C(19)	C(20)	C(21)	C(22)	C(23)
24	26	29	32	35	38	41	44
C(24)	C(25)	C(26)	C(27)	C(28)	C(29)	C(30)	C(31)
47	50	53	57	61	65	69	73
C(32)	C(33)	C(34)	C(35)	C(36)	C(37)	C(38)	C(39)
77	81	85	89	94	99	104	109
C(40)	C(41)	C(42)	C(43)	C(44)	C(45)	C(46)	C(47)
114	119	124	129	134	140	146	152
C(48)	C(49)	C(50)	C(51)	C(52)	C(53)	C(54)	C(55)
158	164	170	176	182	188	195	202
C(56)	C(57)	C(58)	C(59)	C(60)	C(61)	C(62)	C(63)
209	216	223	230	237	244	251	255

表格 2-64 级亮度的伽玛补偿数据

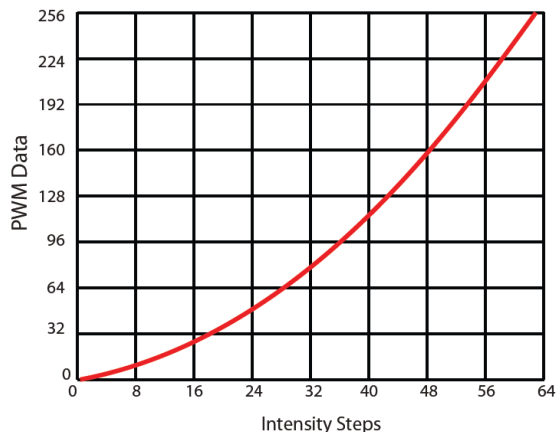


图2-伽玛补偿修正曲线 (64 级)

在此应用中，每个 IS31FL3218 的输出通道用来驱动两个同为红色或绿色的 LED，这将有 9 个通道驱动红色 LED，其他 9 个驱动绿色 LED，一共可使用 36 个 LED。

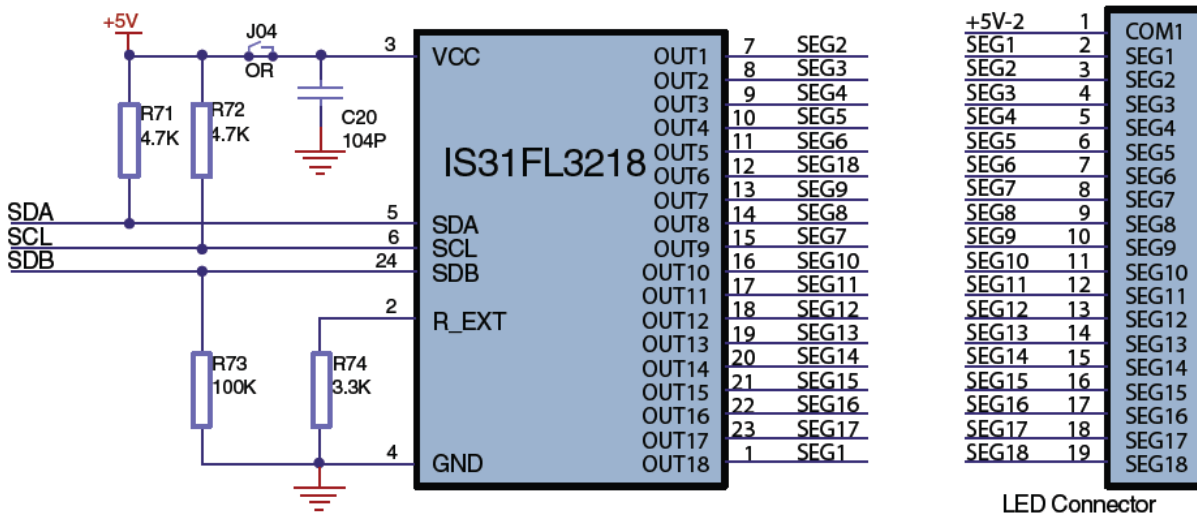


图3-IS31FL3218 驱动红绿LED 原理图

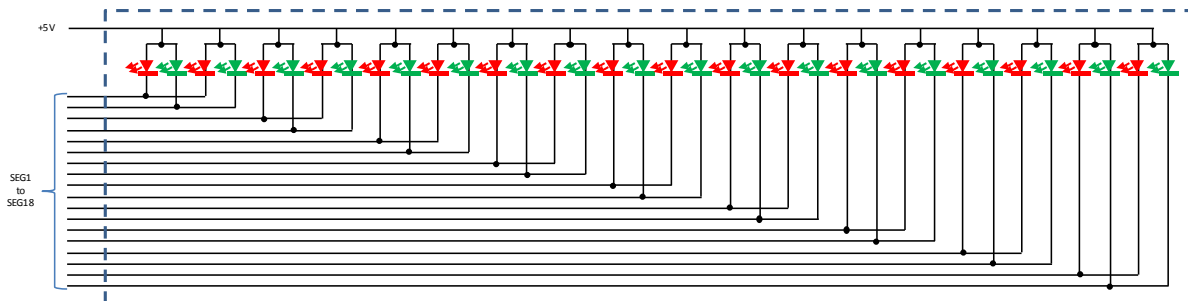


图4-LED 排布原理图，红绿LED 并联

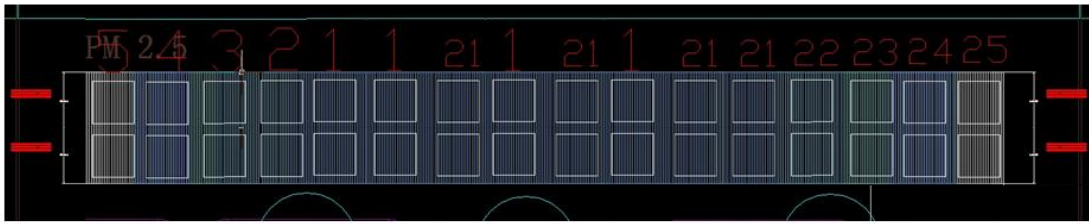


图5-红绿LED灯条放置图

如图 5，18 个红色 LED 被排在一行上，而另外 18 个绿色 LED 被放置在红色 LED 下面的一行。有了这种排布，可以将两排红色和绿色 LED 的颜色混合成红色+绿色（黄色）的颜色。纯绿色用来显示优质的空气质量，红色则用来显示较差的空气质量。混合而成的颜色，黄色，则表示在优质与较差空气质量水平之间的变化，如下图 6。

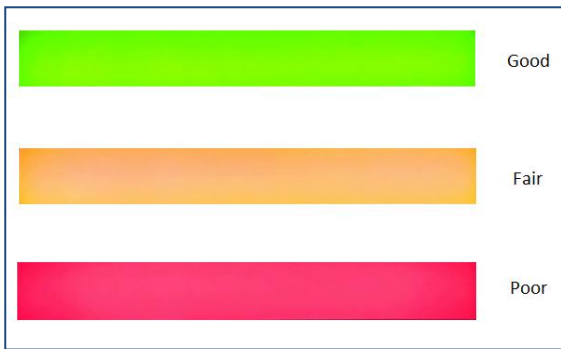


图6-彩色空气质量显示条

为了使显示更加美观且吸引人，动态的色彩变化可添加到色彩显示中。在此应用中，色彩亮度会在显示条中心位置初始化显示，并且同时向左右两侧扩散。当全部的显示条充满颜色后，LED 会从两侧开始熄灭并向中心熄灭直至恢复到初始状态并不断重复变化过程，以此实现美观地关注空气质量，见图 7。

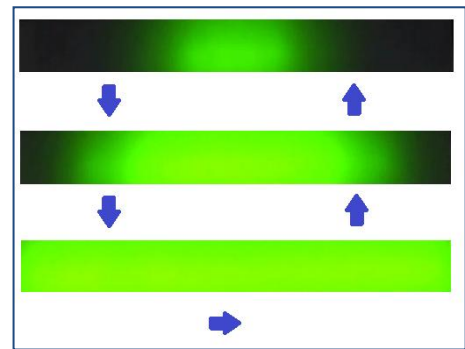


图7-动态视觉效果

图 8 展示了整体实现的框图。微控制器用来发送命令并把数据存入 IS31FL3218 的内部寄存器。这个预置的 FxLED 芯片通过输出 PWM 信号来驱动 LED 灯条，实现混合色彩和呼吸的灯效效果。



图8-应用框图

在此应用中，空调的主微控制器用来设置 IS31FL3218 的内部寄存器数据。一旦初始设置完成，主微控制器就不再需要执行 LED 控制功能，它可以恢复对原来的空调控制任务。

颜色混合

颜色混合是通过改变红绿 LED 的亮度来实现的。为了实现这一点，18 个内部 PWM 寄存

器被预先设置，因此每路通道输出 18 个不同的脉冲宽度；脉冲宽度越长，该通道上的 LED 灯就越亮。每路通道的脉冲宽度都由一个存储了 8-bit 数据的 PWM 寄存器控制。下列公式展示了如何完成红色和绿色的混合。

$$\text{RED:GREEN}=(x):(y)=[0..255]:[0..255]$$

X 和 y 是 0~255 之间的任意整数。

例如，当 x=0, y=255，绿色显示；

当 x=255, y=0，红色显示；

当 x=255, y=255，黄色显示；

当 x=64, y=148，黄绿色显示；

呼吸效应

为了进一步实现逐渐开启和关闭的照明效果，简单地称为“呼吸效应”，输出被划分为 32 或 64 个亮度级别，如表 1 和 2 所示。注意，增加亮度的级别数将会导致“呼吸”效应更柔顺。

在设置好预定颜色的 x , y 值后, 与亮度值 n 相乘后可得到完整的颜色混合公式:

$$(\text{RED:GREEN})_n = (x_n:y_n) = [(x \times n/32):(y \times n/32)]_n$$

加入伽玛补偿:

$$(\text{RED:GREEN})_n = (x_n:y_n) = [(x \times C(n)/255):(y \times C(n)/255)]_n$$

n 是 0~31 之间的任意整数;

参考表 1 来得到伽玛补偿数据 $C(n)$, 结果的数值 x_n 和 y_n 必须是 0~255 之间四舍五入的整数。

请注意, x 和 y 不能太小, 否则颜色差异不明显。

例如, 如果空气质量的检测结果是中等优质, 显示的颜色则为黄绿色, 即 $x=64$, $y=148$ 。

time=0, LED 关闭, 因此 $n=0$;

$$(\text{RED:GREEN}) = (64 \times 0/32:148 \times 0/32) = (0:0)$$

time=1, LED 开始从亮度 1 启动, $n=1$;

$$(\text{RED:GREEN}) = (64 \times 1/32:148 \times 1/32) = (2:2.625) \text{ 或 } (2:3)$$

time=8, LED 亮度在 25%, $n=8$;

$$(\text{RED:GREEN}) = (64 \times 8/32:148 \times 8/32) = (16:37)$$

通过向每个 PWM 寄存器发送不同的值, 可以实现不同的颜色组合和亮度。IS31FL3218 保证每个 LED 通道的输出电流都是精确匹配的, 所以每个 LED 的颜色在显示条上是完全

一致的。最终展现为一种赏心悦目的信息效果, 完美的达到如今高端设备应用的高要求。

ISSI FxLED 产品线

FxLED 系列产品如点阵 LED 驱动、多路 LED 驱动和 RGB LED 驱动可广泛的用于带有炫目色彩功能的消费类产品。例如, 点阵驱动用于图片信息显示面板和动画显示; 多路 LED 驱动用于信息显示的指示灯; RGB 驱动则完美的用于低成本的彩色显示。总体来说, ISSI 广泛的 FxLED 驱动简化了 R-G-B LED 的混合使用来实现预先配置多种颜色和 3~144 路 LED 的驱动。

ISSI FxLED 多通道系列驱动芯片包括可驱动 1~36 颗 LED 的单芯片。ISSI 提供的点阵驱动系列单设备即可驱动多达 192 颗 LED。ISSI 在市场上提供最广泛的产品, 以适应客户需要照明效果的物联网应用。家庭中的其他设备应用采用与本文阐述的相同方式, 来产生特殊灯光效果以实现令人赏心悦目的用户界面。

若要查询更多相关信息, 请参阅 ISSI 模拟类产品网站 <http://www.issi.com/US/product-analog-fxled-driver.shtml> 或发送您的询问到邮箱 analog@issi.com