集成 7 段音频均衡器的 16 通道恒流 RGB LED 驱动电路

概述

ET6298 是一颗具有 256 阶线性电流调节功能的恒流 LED 驱动电路，内置 16 个独立的低阻彩色 LED 驱动通道，可实现任意通道的电流调节。通过代码选择，每个通道可以提供 5mA、10mA、20mA、40mA 的驱动电流范围。

ET6298 集成 7 段音频均衡器，通过内置带通滤波器把 20Hz~20KHz 的输入音源信号细分为 7 个频段，再通过内置的高精度 ADC 把每个不同频段的平均幅度值转换成对应的数字值，分别控制输出的七个通道电流。在音频同步模式下 MCU 无须进行任何数据操作，只需要设置相应的指令，形成 LED 亮度渐暗以及随音乐跳动的炫目功能。另外，ET6298 也具有半自主呼吸功能，在该模式下，ET6298 完成渐明和渐暗的周期控制，主片只需完成最亮和最暗时间的周期控制以及发单条指令切换 ET6298 的渐明或者渐暗的呼吸方向，从而缩减了主片的软件和 ET6298 的硬件操作。

功能特点

- 工作电压范围：2.4V~ 5.5V
- 256阶线性电流调节
- 电流范围有5mA、10mA、20mA、40mA可供选择（默认为20mA）
- 可使用共阳极RGB_LED
- I^2C总线接口，可读可写
- 任意通道电流可单独调节
- 具有半自主呼吸功能，只需一条指令切换渐明或者渐暗的呼吸方向
- 低电压复位功能
- 内置7段音频均衡器
- 内置LED亮度音乐随动呼吸功能
- -24~+18dB音频信号输入增益调节
- 工作环境温度范围：T_A= -40 ~ 85°C
- 封装形式：QFN24 (4mm×4mm)

应用

- 移动电话
- 智能音箱，智能TV
- 玩具

管脚排列图

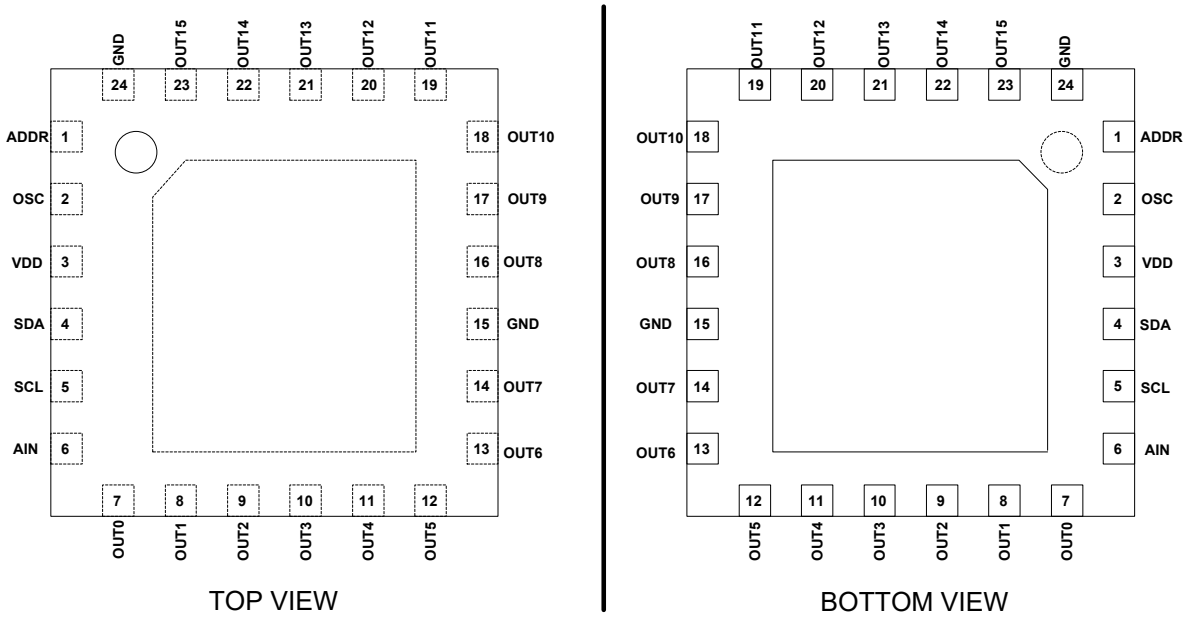


图 1. 管脚排列图

管脚说明

序号	管脚名称	描述
1	ADDR	I^2C 总线地址选择信号
2	OSC	振荡输入端口，外接一个电阻电容以决定振荡频率
3	VDD	电源输入端口
4	SDA	I^2C 总线数据 I/O 端口
5	SCL	I^2C 总线时钟输入端口
6	AIN	音频信号输入端口
7~14, 16~23	OUT0~OUT7， OUT8~OUT15	恒流 LED 输出端口
15,24	GND	接地端口

功能框图

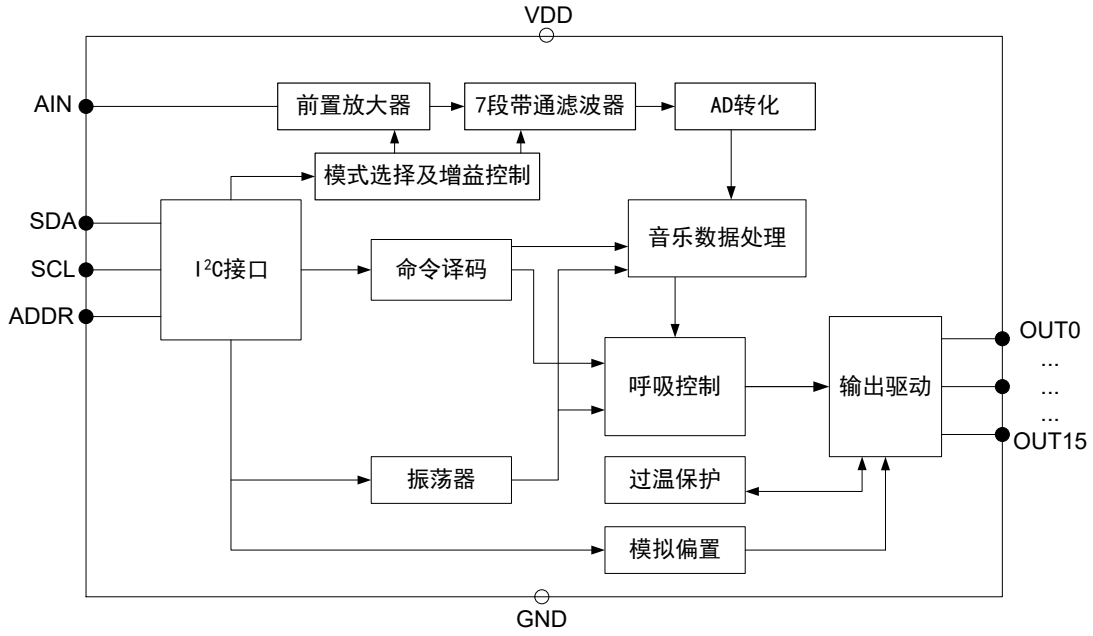


图 2.　功能框图

功能说明

振荡器 RC 选取

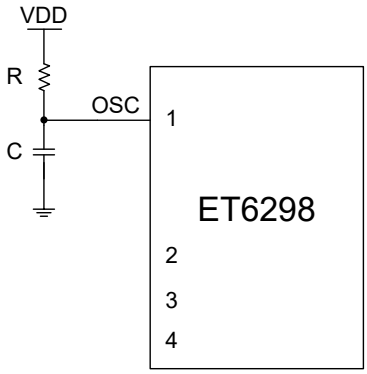


图 3.　振荡器 RC 选取

OSC 频率值	电源电压	R 值	C 值
2.5MHz	5.0V	18kΩ	33pf
	4.2V	16kΩ	33pf
	3.3V	15kΩ	33pf

I²C 总线说明

总线接口

MCU 通过 SDA 和 SCL 端口与 ET6298 进行数据传输。SDA 和 SCL 组成总线接口。需要连接一个上拉电阻到电源端。

数据有效性

当 SCL 信号处于高电平时，SDA 端口上的数据都是有效稳定的。只有当 SCL 信号处于低电平时，才能改变 SDA 端口上的电平高低。

开始（重新开始）和停止工作条件

当 SCL 信号为高电平，SDA 信号由高电平转为低电平开始工作或者重新开始工作，而 SCL 信号为高电平，SDA 信号由低电平转为高电平时停止工作。

字节格式

数据线的每个字节由 8 位组成。每个字节包含一个应答位。传输第一个数据是 MSB。

应答

在应答时钟期间，主机使 SDA 端口处于高电平，在写模式期间，ET6298 会发出应答信号使 SDA 端口在应答期间处于低电平。在读模式期间，ET6298 不会发出应答信号从而使得 SDA 端口在应答期间处于高电平。

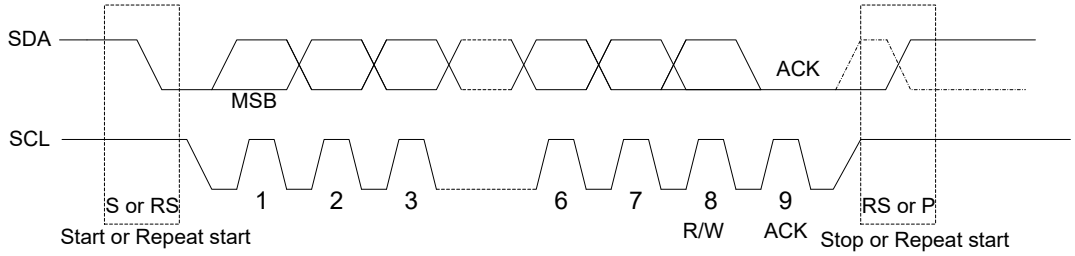


图 4.　I²C 写模式

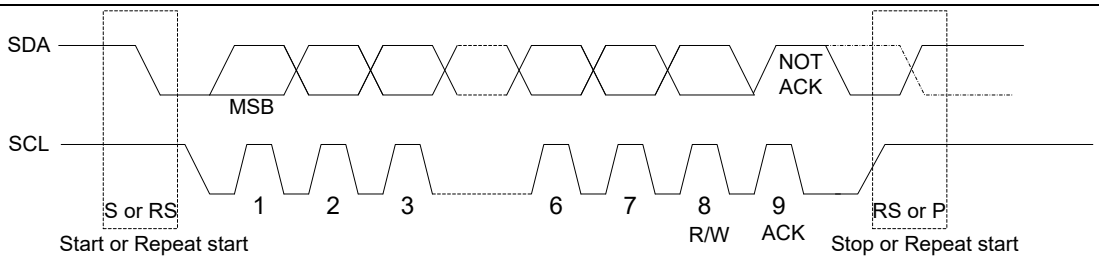


图 5.　I²C 读模式

- ACK=应答信号 NOTACK=无应答信号
- $R/\overline{W}$ =读/模式 MSB=字节的最高位
- S=起始信号 RS=重新开始信号 P=停止信号
- 最大时钟速度=400KBITS/S
- Restart: 此时SDA电平翻转如波形中虚线所表示

片地址

ET6298 有四种片地址可以使用，如下表所示

ADDR 管脚所连接管脚	片地址
VDD	6EH/6FH (写/读)
GND	66H/67H (写/读)
SCL	6AH/6BH (写/读)
SDA	6CH/6DH (写/读)

I²C 接口协议

写命令寄存器接口协议（单个写）：

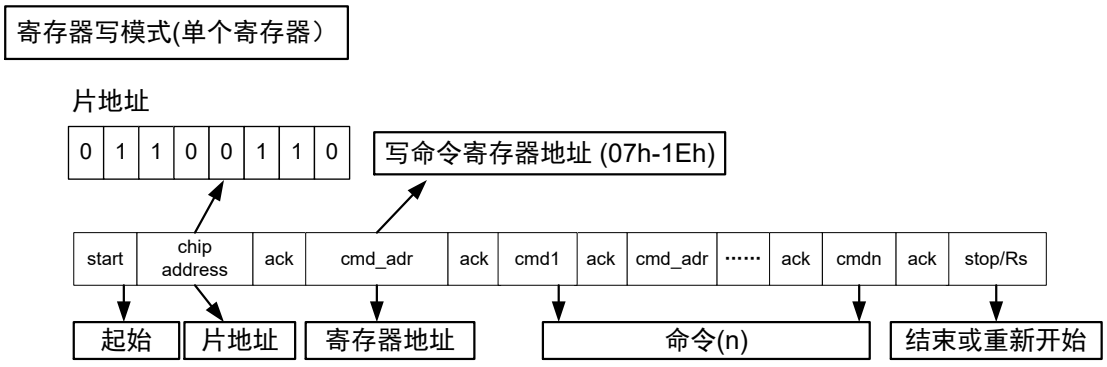


图 6.　寄存器写模式（单个）

- 开始位
- 芯片地址字节=0110011b
- 读写控制位 0b (R/$\overline{W}$)
- ACK=应答位
- 模式字节=（单个模式0b +不关心位xx + 命令寄存器地址位address）
- ACK=应答位
- 命令寄存器数据
- 停止位

写命令寄存器接口协议（连续写）：

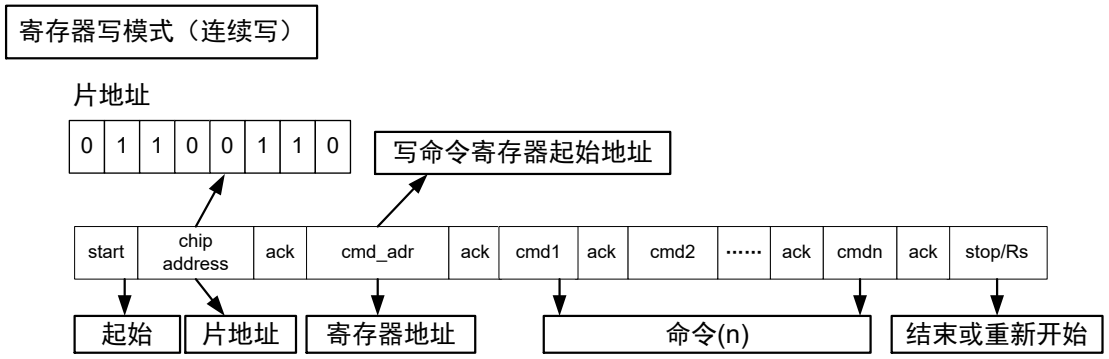


图 7.　寄存器写模式（连续写）

- 开始位
- 芯片地址字节=0110011b
- 读写控制位 0b (R/$\overline{W}$)
- ACK=应答位
- 寄存器起始地址=（连续模式1b +不关心位xx + 命令寄存器起始地址位address）
- ACK=应答位
- 命令寄存器数据1
- ……
- 命令寄存器数据n
- 停止位

读命令寄存器接口协议：

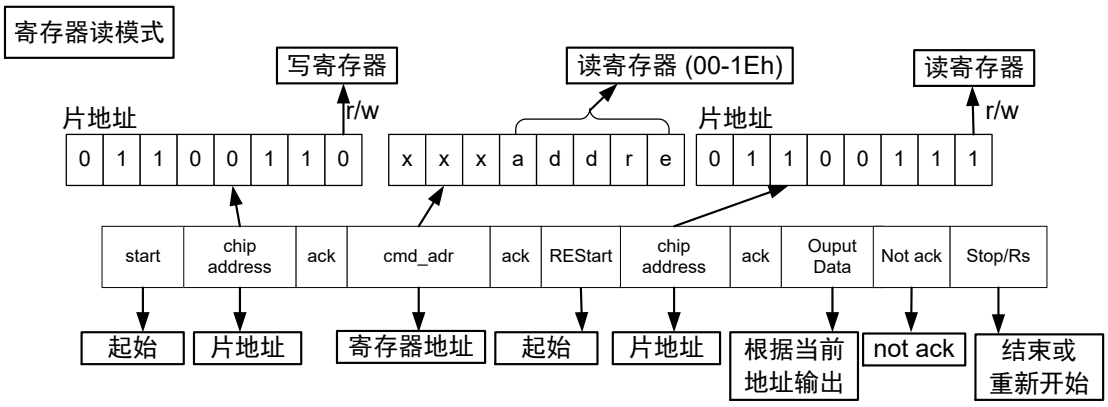


图 8.　寄存器读模式

- 开始位
- 芯片地址字节=0110011b

- 读写控制位 0b (R/$\overline{W}$)
- ACK=应答位 (0b)
- 模式字节= （单个模式0b +不关心位xx + 命令寄存器地址位address）
- 重新开始位
- 芯片地址字节=0110011b
- 读写控制位 1b (R/$\overline{W}$)
- 读时钟
- NOTACK=无应答（1b）
- 停止位

寄存器定义

表 1. ADC 转化结果寄存器

Addr: 00h-06h			Adc_one,Adc_two…Adc_seven Register		
Addr	**Bit**	**Bit Name**	**Default**	**Access**	**Description**
00h	7:0	adc_one	00h	R	63Hz 音频数据 ADC 转化结果
01h	7:0	adc_two	00h	R	160Hz 音频数据 ADC 转化结果
02h	7:0	adc_three	00h	R	400Hz 音频数据 ADC 转化结果
03h	7:0	adc_four	00h	R	1KHz 音频数据 ADC 转化结果
04h	7:0	adc_five	00h	R	2.5KHz 音频数据 ADC 转化结果
05h	7:0	adc_six	00h	R	6.25KHz 音频数据 ADC 转化结果
06h	7:0	adc_seven	00h	R	12KHz 音频数据 ADC 转化结果

表 2. 显示控制寄存器

Addr: 07h		Display Control Register			
Bit	**Bit Name**	**Default**	**Access**	**Description**	
2:0	gc	000b	R/W	前置运放增益设置	
				000	0db
				001	6db
				010	12db
				011	18db
				100	-6db
				101	-12db
				110	-18db
				111	-24db
3	x	x	x	Don’t Care	

表 2. 显示控制寄存器(续)

Addr: 07h		Display Control Register			
Bit	**Bit Name**	**Default**	**Access**	**Description**	
5:4	curtmd	10b	R/W	最大线性电流 I_{max}	
				00	5mA
				01	10mA
				10	20mA
				11	40mA
6	disp_con	0b	R/W	0	显示关闭
				1	显示打开
7	shutdown	1b	R/W	0	开机
				1	待机

表 3. 模式选择寄存器 1

Addr: 08h		Mode Select Register			
Bit	**Bit Name**	**Default**	**Access**	**Description**	
0	mdsel_chal0	0b	R/W	0	通道 0 为线性电流调节或半自主呼吸模式
				1	通道 0 工作在音乐模式（63Hz）
1	mdsel_chal1	0b	R/W	0	通道 1 为线性电流调节或半自主呼吸模式
				1	通道 1 工作在音乐模式（160Hz）
2	mdsel_chal2	0b	R/W	0	通道 2 为线性电流调节或半自主呼吸模式
				1	通道 2 工作在音乐模式（400Hz）
3	mdsel_chal3	0b	R/W	0	通道 3 为线性电流调节或半自主呼吸模式
				1	通道 3 工作在音乐模式（1KHz）
4	mdsel_chal4	0b	R/W	0	通道 4 为线性电流调节或半自主呼吸模式
				1	通道 4 工作在音乐模式（2.5KHz）
5	mdsel_chal5	0b	R/W	0	通道 5 为线性电流调节或半自主呼吸模式
				1	通道 5 工作在音乐模式（6.25KHz）
6	mdsel_chal6	0b	R/W	0	通道 6 为线性电流调节或半自主呼吸模式
				1	通道 6 工作在音乐模式（12KHz）
7	adcwork_sel	0b	R/W	0	音乐数据输出可读出
				1	音乐数据输出可显示

表 4. 模式选择寄存器 2

Addr: 09h		Mode Select Register			
Bit	**Bit Name**	**Default**	**Access**	**Description**	
0	mdsel_chal7	0b	R/W	0	通道 7 为线性电流调节或半自主呼吸模式
				1	通道 7 工作在音乐模式（63Hz）
1	mdsel_chal8	0b	R/W	0	通道 8 为线性电流调节或半自主呼吸模式
				1	通道 8 工作在音乐模式（160Hz）
2	mdsel_chal9	0b	R/W	0	通道 9 为线性电流调节或半自主呼吸模式
				1	通道 9 工作在音乐模式（400Hz）
3	mdsel_chal10	0b	R/W	0	通道 10 为线性电流调节或半自主呼吸模式
				1	通道 10 工作在音乐模式（1KHz）
4	mdsel_chal11	0b	R/W	0	通道 11 为线性电流调节或半自主呼吸模式
				1	通道 11 工作在音乐模式（2.5KHz）
5	mdsel_chal12	0b	R/W	0	通道 12 为线性电流调节或半自主呼吸模式
				1	通道 12 工作在音乐模式（6.25KHz）
6	mdsel_chal13	0b	R/W	0	通道 13 为线性电流调节或半自主呼吸模式
				1	通道 13 工作在音乐模式（12KHz）
7	x	x	x	x	Don't Care

注: {(|mdsel_chalx),adcwork_sel}，其中|mdsel_chalx 表示每个通道相或。

（1）为 00，则呼吸数据来自 I²C 或者半自主呼吸；

（2）为 10，则呼吸数据来自 ADC，即为音乐同步呼吸模式，LED 可以随着音乐频率的高低而呼吸；

（3）为 01，则用户可以读取当前 ADC 的数据自行处理，此时呼吸数据来自 I²C 总线或者半自主呼吸。

表 5. 偏置寄存器 1

Addr: 0Ah		Mode Select Register			
Bit	**Bit Name**	**Default**	**Access**	**Description**	
7:0	bais_one	40H	R/W	音乐模式渐暗拖尾低亮度门槛值	
				00H	门槛值为 00H（LED 全亮）
				…	……
				40 H	低亮度区间为 00H 到 40H

注:（1）bais_one 的最小值最好大于 20H，确保在无音乐输出的情况下 LED 灯处于不亮状态。

（2）bias_one 要根据实时音量大小来写入合适的值，以确保不同音量下 LED 灯绚丽的呼吸效果。

表 6. 偏置寄存器 2

Addr: 0Bh		Mode Select Register			
Bit	**Bit Name**	**Default**	**Access**	**Description**	
7:0	bais_two	7FH	R/W	音乐模式渐暗拖尾高亮度门槛值	
				7FH	高亮度区间为 7FH 到 FFH
				…	……..
				FFH	高亮度区间为 FFH 到 FFH

注: bais_two 值要大于 bais_one

表 7. 亮度跳变等级设置寄存器

Addr: 0Ch		Brightness Jump Rank Set Register			
Bit	**Bit Name**	**Default**	**Access**	**Description**	
7:6	brit_jump_rank_hr	11b	R/W	音乐模式高亮度渐暗递减等级	
				00	渐暗递减等级为 CH
				01	渐暗递减等级为 DH
				10	渐暗递减等级为 EH
				11	渐暗递减等级为 FH
5:3	brit_jump_rank_m	100b	R/W	音乐模式中亮度渐暗递减等级	
				000	渐暗递减等级为 0H
				…	……
				111	渐暗递减等级为 7H
2:0	brit_jump_rank_l	100b	R/W	音乐模式低亮度渐暗递减等级	
				000	渐暗递减等级为 0H
				…	……
				111	渐暗递减等级为 7H

注：(1) brit_jump_rank_h 为实际的高亮度递减等级，
且 brit_jump_rank_h = { brit_jump_rank_hr, 2'b11}，
也就是 brit_jump_rank_hr=11b，则 brit_jump_rank_h=1111b=FH

(2) 图9就是音乐同步呼吸的效果图，图中参数就是上述寄存器所要设置的值。
也即是在 BAIS_TWO到FFH区间递减值用brit_jump_rank_h设置，最大为FH
在BAIS_ONE到BAIS_TWO区间递减值用brit_jump_rank_m设置，最大为7H
在00H到BAIS_ONE区间递减值用brit_jump_rank_l设置，最大为7H

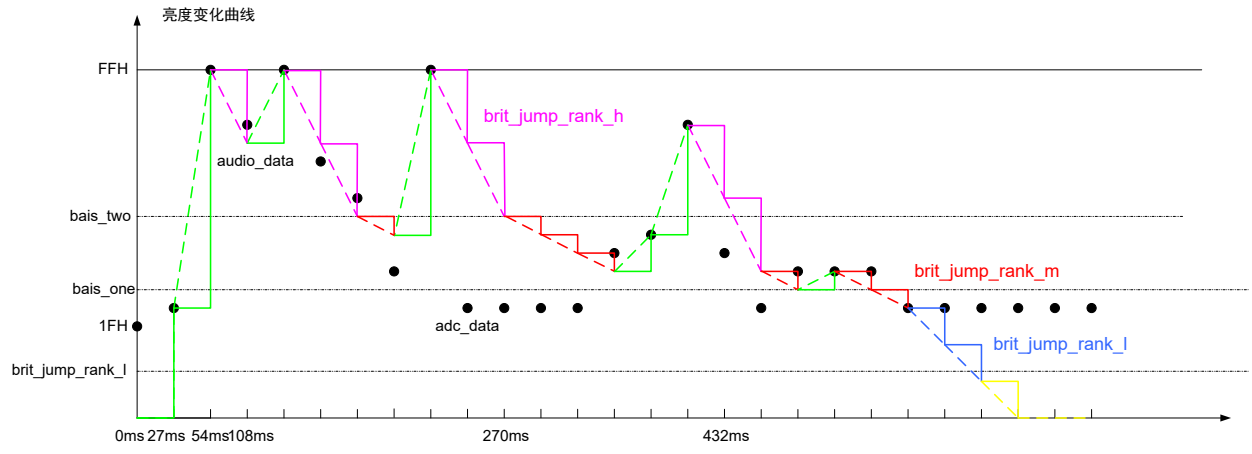


图9. 音乐同步呼吸效果图

表 8. 线性电流调节寄存器

Addr: 0Dh-1CH		Linear Current Modulation Register			
Addr	**Register Name**	**Default**	**Access**	**Description**	
0DH	curt_step_chal0	00h	R/W	0 通道电流值	
				00h	0
				01h	1/256I_{max}
				…	……
				FFh	255/256I_{max}
0EH	curt_step_chal1	00h	R/W	1 通道电流值	
				00H	0
				01h	1/256I_{max}
				…	……
				FFH	255/256I_{max}
0FH	curt_step_chal2	00h	R/W	2 通道电流值	
				00h	0
				01h	1/256I_{max}
				…	……
				FFh	255/256I_{max}
10H	curt_step_chal3	00h	R/W	3 通道电流值	
				00h	0
				01h	1/256I_{max}
				…	……
				FFh	255/256I_{max}
11H	curt_step_chal4	00h	R/W	4 通道电流值	
				00h	0
				01h	1/256I_{max}
				…	……
				FFh	255/256I_{max}
12H	curt_step_chal5	00h	R/W	5 通道电流值	
				00h	0
				01h	1/256I_{max}
				…	……
				FFh	255/256I_{max}
13H	curt_step_chal6	00h	R/W	6 通道电流值	
				00h	0
				01h	1/256I_{max}
				…	……
				FFh	255/256I_{max}

表 8. 线性电流调节寄存器（续 1）

Addr: 0Dh-1CH		Linear Current Modulation Register			
Addr	**Register Name**	**Default**	**Access**	**Description**	
14H	curt_step_chal7	00h	R/W	7 通道电流值	
				00h	0
				01h	1/256I_{max}
				…	……
				FFh	255/256I_{max}
15H	curt_step_chal8	00h	R/W	8 通道电流值	
				00h	0
				01h	1/256I_{max}
				…	……
				FFh	255/256I_{max}
16H	curt_step_chal9	00h	R/W	9 通道电流值	
				00h	0
				01h	1/256I_{max}
				…	……
				FFh	255/256I_{max}
17H	curt_step_chal10	00h	R/W	10 通道电流值	
				00h	0
				01h	1/256I_{max}
				…	……
				FFh	255/256I_{max}
18H	curt_step_chal11	00h	R/W	11 通道电流值	
				00h	0
				01h	1/256I_{max}
				…	……
				FFh	255/256I I_{max}
19H	curt_step_chal12	00h	R/W	12 通道电流值	
				00h	0
				01h	1/256I_{max}
				…	……
				FFh	255/256I_{max}
1AH	curt_step_chal13	00h	R/W	13 通道电流值	
				00h	0
				01h	1/256I_{max}
				…	……
				FFh	255/256I_{max}

表 8. 线性电流调节寄存器（续 2）

Addr: 0Dh-1CH		Linear Current Modulation Register			
Addr	**Register Name**	**Default**	**Access**	**Description**	
1BH	curt_step_chal14	00h	R/W	14 通道电流值	
				00h	0
				01h	$1/256I_{max}$
				…	……
				FFh	$255/256I_{max}$
1CH	curt_step_chal15	00h	R/W	15 通道电流值	
				00h	0
				01h	$1/256I_{max}$
				…	……
				FFh	$255/256I_{max}$

注：I_{max} 见表 2

表 9. 半自主呼吸参数寄存器

Addr: 1Dh		Half-Independent Breath Parameter Register			
Bit	**Bit Name**	**Default**	**Access**	**Description**	
2:0	breath_rise	000b	R/W	渐明周期	
				000b	0.1s
				001b	0.2s
				010b	0.4s
				011b	0.8s
				100b	1.6s
				101b	3.3s
				110b	6.5s
				111b	13.1s
4:3	xx	xx	xx	Don’t Care	
7:5	breath_fall	000b	R/W	渐暗周期	
				000b	0.1s
				001b	0.2s
				010b	0.4s
				011b	0.8s
				100b	1.6s
				101b	3.3s
				110b	6.5s
				111b	13.1s

注：例如设置 breath_rise=000b， breath_fall=001b，breath_dir 见表 10，渐明或渐暗周期如图 10 所示

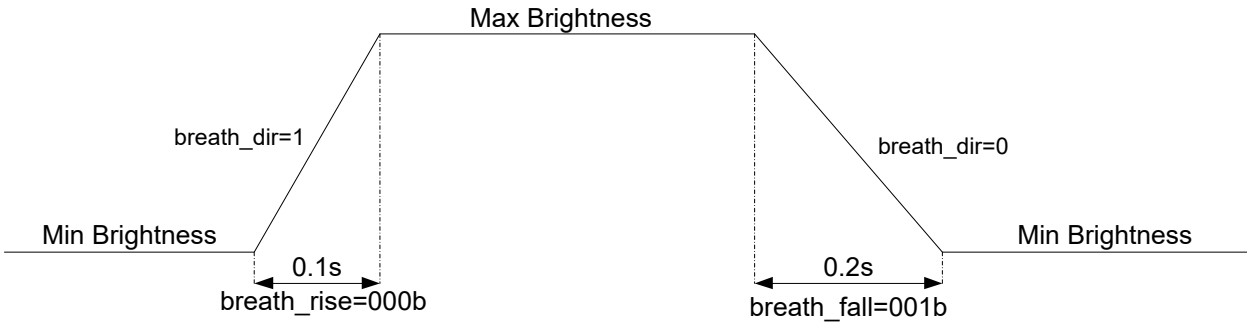


图 10. 渐明渐暗周期

表 10. 半自主呼吸控制寄存器

Addr: 1Eh		Half-Independent Breath Control Register			
Bit	**Bit Name**	**Default**	**Access**	**Description**	
0	breath_dir	0b	R/W	渐明或渐暗方向控制	
				0b	从最亮渐明至最暗
				1b	从最暗渐暗至最亮
3:1	x	xxx	x	Don't Care	
4	bre_con_7	0b	R/W	0-6 通道半自主呼吸模式选择	
				0b	音乐同步或线性电流调节模式
				1b	半自主呼吸模式
5	bre_con_3l	0b	R/W	7-9 通道半自主呼吸模式选择	
				0b	音乐同步或线性电流调节模式
				1b	半自主呼吸模式
6	bre_con_3m	0b	R/W	10-12 通道半自主呼吸模式选择	
				0b	音乐同步或线性电流调节模式
				1b	半自主呼吸模式
7	bre_con_3h	0b	R/W	13-15 通道半自主呼吸模式选择	
				0b	音乐同步或线性电流调节模式
				1b	半自主呼吸模式

注：(1)例如设置 bre_con_3h=1，且 mdsel13=0(不工作在音乐同步模式)，则 13-15 通道工作在半自主呼吸模式，若初始态 breath_dir=0，此时向该位写入"1"，则 13-15 通道就工作在渐明模式，渐明周期由半自主呼吸参数寄存器的 breath_rise 设置，该渐明过程一直持续到最亮并保持到最亮状态。

(2)待最亮状态保持想要时间（由主片决定），主片发送指令置 breath_dir=0，则 13-15 通道就工作在渐暗模式，渐暗周期由半自主呼吸参数寄存器的 breath_fall 设置，该渐暗过程一直持续到最暗并保持到最暗状态。

(3)循环(1) (2)过程就可以完成一个完整的呼吸过程，其中主片主要完成最亮和最暗周期以及发送切换渐明渐暗方向指令，ET6298 完成渐明和渐暗周期，从而合理分配了软件和硬件的开销。

(4)音乐同步模式优先级最高，只要设置了 0-13 个通道中某个通道的 mdselx 为"1"，则该通道就工作在音乐同步模式，此时对应该通道 bre_con_x 的设置无效。

极限参数

参数	符号	范围	单位
电源电压	V_{DD}	6.0	V
输入电压	V_{IN}	-0.3~V_{DD}+0.3	V
存储温度	T_{STG}	-65~150	°C
工作结温度	T_J	-40~150	°C
环境温度	T_A	-40~85	°C

电参数 (除特殊说明之外，V_{DD}=5V，T_A=25°C)

参数	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压	V_{DD}	-	2.4		5.5	V
静态电源电流	I_{DD1}	ADC 工作		5.5		mA
静态电源电流	I_{DD2}	ADC 不工作		3		mA
关断电流	I_{SD}	-			5	uA
输出电流	I_{OUT}	最大线形电流位=10b		20		mA
逻辑“0”电平	$V_{IN(0)}$	-			0.3	V
逻辑“1”电平	$V_{IN(1)}$	-	1.6			V
逻辑“0”输入电流	$I_{IN(0)}$	-		5		nA
逻辑“1”输入电流	$I_{IN(1)}$	-		5		nA

I^2C 模式时序参数

符号	参数	最小值	典型值	最大值	单位
F_{SCL}	SCL Clock Frequency	0	-	400	KHz
t_{BUF}	Bus Free Time Between a STOP and START Condition	1.3	-	-	μs
$t_{HD:STA}$	Hold Time(Repeated) START Condition	0.6	-	-	μs
t_{LOW}	Low Period of SCL Clock	1.3	-	-	μs
t_{HIGH}	HIGH Period of SCL Cloc	0.6	-	-	μs
$t_{SU:STA}$	Setup Time for a Repeated START Condition	0.6	-	-	μs
$t_{HD:DAT}$	Data Hold Time	-	-	0.9	μs
$t_{SU:DAT}$	Data Setup Time	100	-	-	ns
t_R	Data Hold Time2	20+0.1Cb(1)	-	300	ns
t_F	Data Hold Time2	20+0.1Cb(1)	-	300	ns
$t_{SU:STO}$	Setup Time for STOP Condition	0.6	-	-	μs

Note1: Cb=total capacitance of one bus line in PF.

I²C 模式时序图

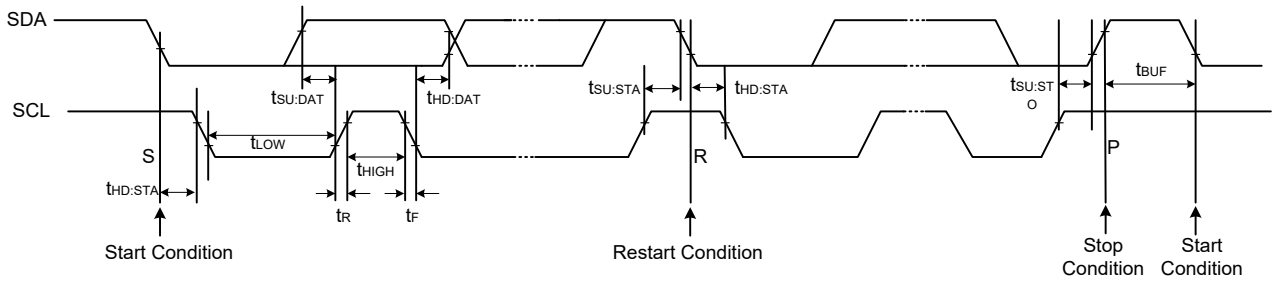


图 11. I²C 模式时序图

参考应用线路图

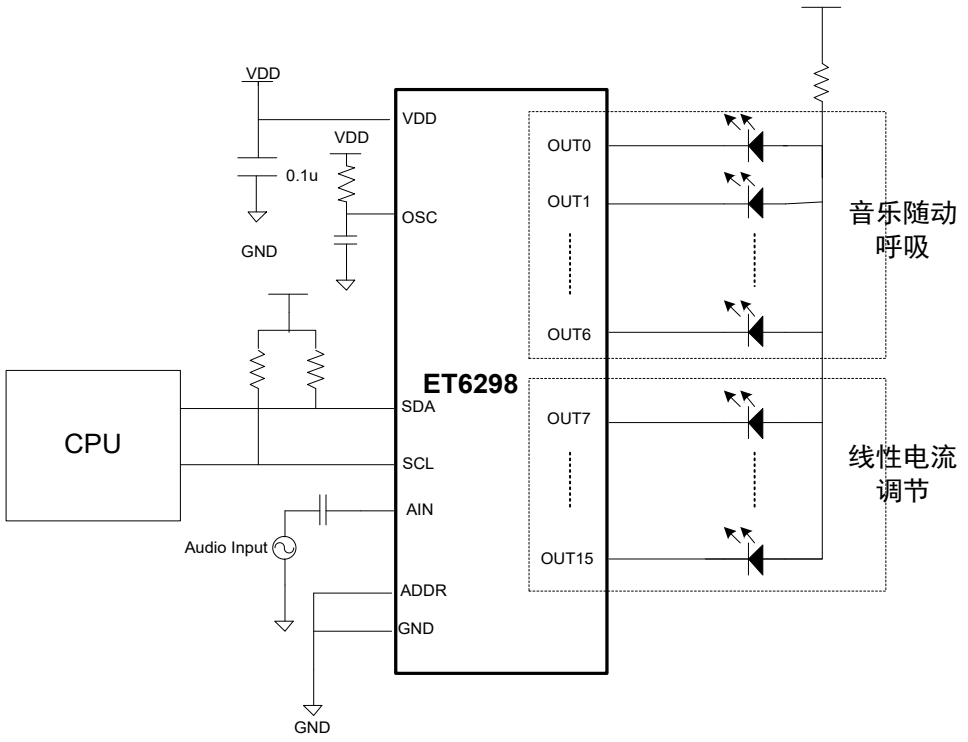


图 12. 典型应用图 1（7 路音乐随动+线性电流调节）

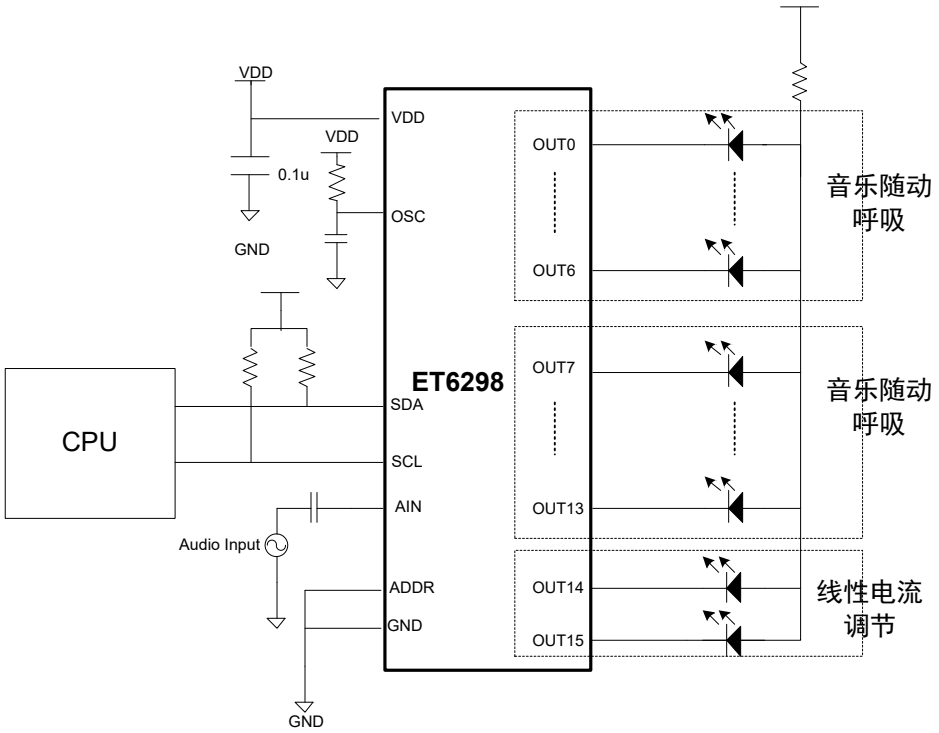


图 13.　典型应用图 2（14 路音乐随动+线性电流调节）

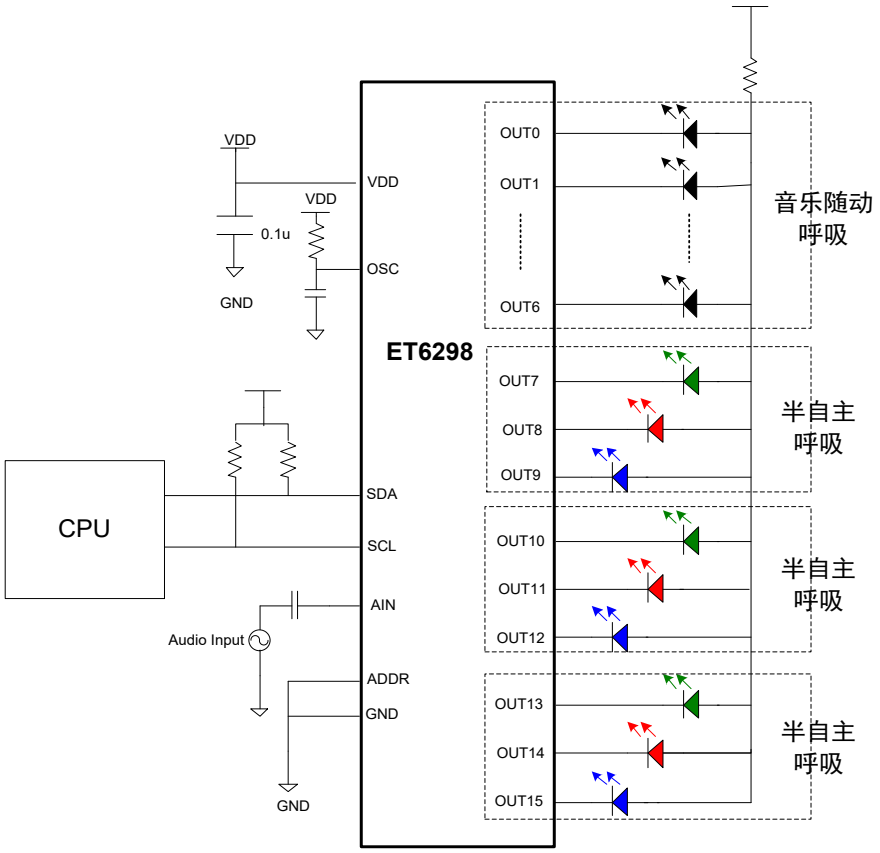


图 14.　典型应用图 3（7 路音乐随动+自主渐明渐暗呼吸）

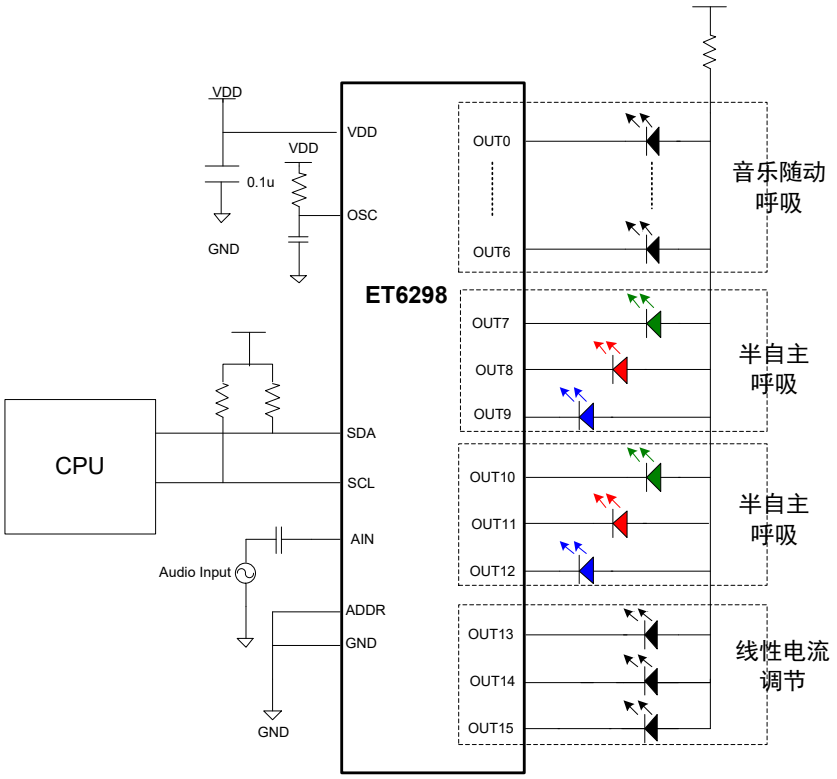
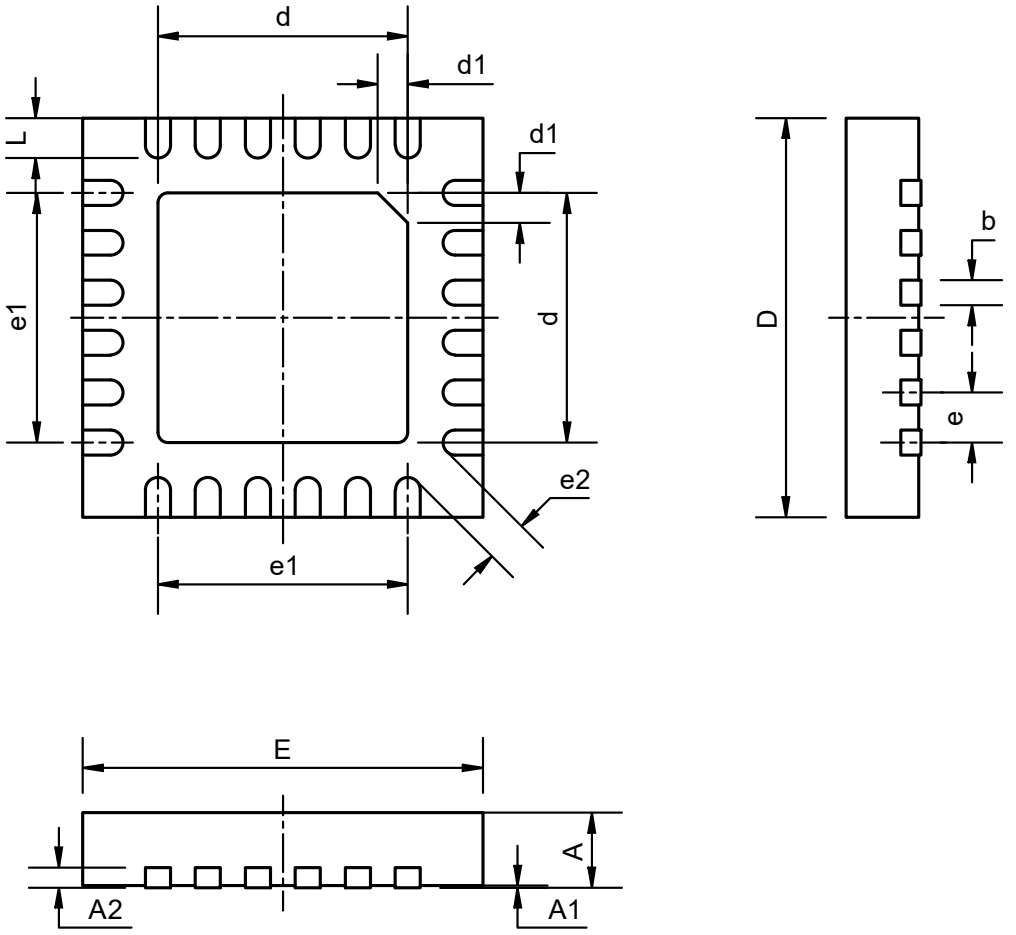


图 15. 典型应用图 4（混合模式）

*：以上应用电路仅供参考。

封装尺寸

QFN24



COMMON DIMENSIONS

(UNITS OF MEASURE=MILLIMETER)

Symbol	Min	Nom	Max
A	0.70	0.75	0.80
A1	0.00	0.02	0.05
A2	0.18	0.20	0.25
b	0.18	0.25	0.30
D	3.90	4.00	4.10
d	2.40	2.60	2.80
d1	0.30	0.35	0.40
E	3.90	4.00	4.10
e		0.50	
e1	2.40	2.60	2.80
e2	0.40	0.45	0.50
L	0.35	0.40	0.45