

低功耗蓝牙 4.0 + 32 位 MCU 整合芯片

2.4G BLE Transceiver with 32bit MCU

概述

LT5926 是一款由 LT32A01 的 32 位 MCU 与 2.4GHz 蓝牙无线收发器所集成的低成本、低功耗、高集成度整合芯片。蓝牙部分集成了发射器、接收器、频率综合器，与 GFSK 调制解调器。发射机支持功率可调，接收机采用数字扩展通信机制，在复杂环境和强干扰条件下，可以达到优良的收发性能。整体外围电路简单，只需搭配少数被动器件。传输 GFSK 信号，发射功率最大可以到 $-28 \sim +4\text{dBm}$ ，接收机采用低中频结构，接收灵敏度可以达到 -85dBm 。

LT5926 的 MCU 内核最高可工作在 48MHz 的频率上。内建 32KB 的可编程 Flash、4K 的 SRAM，同时提供完整的仿真和烧录器，方便客户使用。为了提高电池使用寿命，芯片在各个环节都能降低功耗，最低工作电压可以到 2.2V，可以大大简化系统设计并优化性能，LT5926 可以用在需要 2.4G 蓝牙传输的各式电子产品，如遥控器、手环、健康管理、运动管理、蓝牙鼠标等个人设备上。

特点

- 整合 32bit MCU 及 2.4G 低功耗蓝牙 4.0 收发和协议栈
- 内建 32K Flash ROM、4K Bytes SRAM
- 内建 GFSK 收发器模块，发射功率最大可达 $+4\text{dBm}$
- 整合通道滤波器，接收灵敏度可达到 -85dBm
- 支持蓝牙数据透传、HID 等服务
- 支持信号能量检测，数据传输率可达 1Mbps
- 支持 33 毫米导线天线
- 提供 8 个 PWM 输出、8 个 ADC 输入、23 个通用 GPIO 接口
- 提供 2 组串口通信接口
- 工作电压：2.2~3.6V，低功耗设计

Package Types

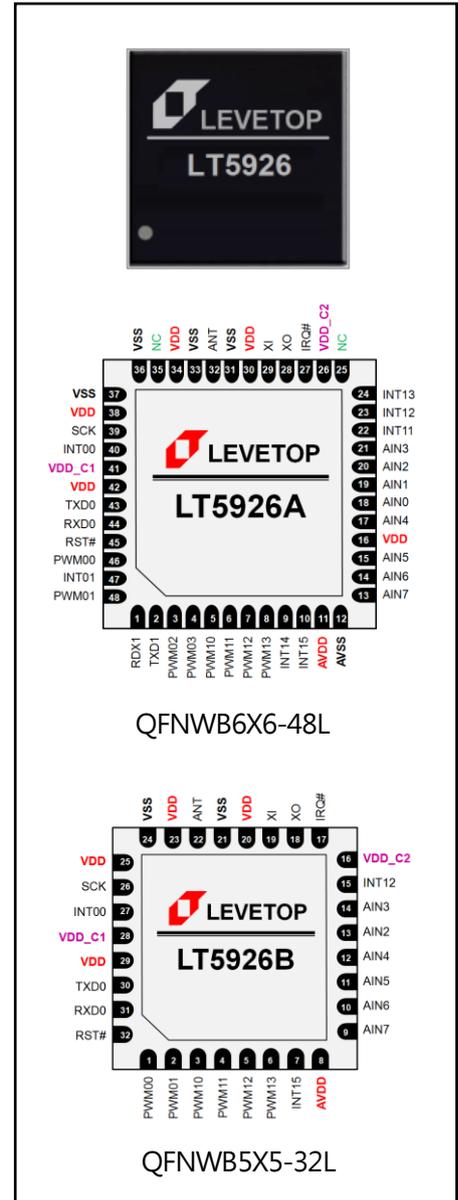


图-1：外观脚位图

型号信息

表-1：产品型号

型号	封装
LT5926A	QFNWB6X6-48L
LT5926B	QFNWB5X5-32L

内部结构框图

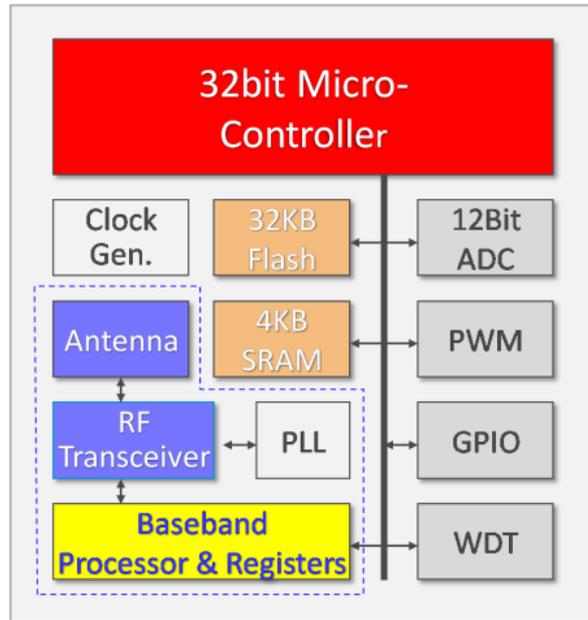


图-2：内部方块图

管脚描述

表-2：LT5926A 管脚说明

管脚序号 (LT5926A)	管脚名称	管脚方向	功能描述
1	RXD1	I/O	串口通信输入接口或是 GPIO 功能脚
2	TXD1	I/O	串口通信输出接口或是 GPIO 功能脚
3	PWM02	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 PWM 输出
4	PWM03	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 PWM 输出
5	PWM10	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 PWM 输出
6	PWM11	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 PWM 输出
7	PWM12	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 PWM 输出
8	PWM13	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 PWM 输出
9	INT14	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是外部中断
10	INT15	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是外部中断
11	AVDD	Power	电源输入端
12	AVSS	Gnd	地线
13	AIN7	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 ADC 输入
14	AIN6	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 ADC 输入
15	AIN5	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 ADC 输入
16	VDD	Power	电源输入端
17	AIN4	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 ADC 输入

表-2 : LT5926A 管脚说明 (接前表)

管脚序号 (LT5926A)	管脚名称	管脚方向	功能描述
18	AIN0	I	ADC 输入
19	AIN1	I	ADC 输入
20	AIN2	I	ADC 输入
21	AIN3	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 ADC 输入
22	INT11	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是外部中断
23	INT12	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是外部中断
24	INT13	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是外部中断
25	NC		未使用
26	VDD_C2	Power	内核电源输出, 必须外接一个1uF 和一个0.1uF 滤波电容到地
27	IRQ#	O	RF 事件输出
28	XO	O	晶体振荡器输出脚
29	XI	I	晶体振荡器输入脚
30	VDD	Power	电源输入端
31	VSS	Gnd	地线
32	ANT	I	RF 天线输入接口
33	VSS	Gnd	地线
34	VDD	Power	电源输入端
35	NC		未使用
36	VSS	Gnd	地线
37	VSS	Gnd	地线
38	VDD	Power	电源输入端
39	SCK	O	SPI 串行时钟
40	INT00	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是外部中断
41	VDD_C1	Power	内核电源输出, 必须外接一个 1uF 和一个 0.1uF 滤波电容到地
42	VDD	Power	电源输入端
43	TXD0	I/O	串口通信输出接口或是 GPIO 功能脚
44	RXD0	I/O	串口通信输入接口或是 GPIO 功能脚
45	RST#	I	复位输入接口, 低电位动作
46	PWM00	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 PWM 输出
47	INT01	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是外部中断
48	PWM01	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 PWM 输出

表-3 : LT5926B 管脚说明

管脚序号 (LT5926B)	管脚名称	管脚方向	功能描述
1	PWM00	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 PWM 输出
2	PWM01	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 PWM 输出
3	PWM10	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 PWM 输出
4	PWM11	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 PWM 输出
5	PWM12	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 PWM 输出
6	PWM13	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 PWM 输出
7	INT15	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是外部中断
8	AVDD	Power	电源输入端
9	AIN7	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 ADC 输入
10	AIN6	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 ADC 输入
11	AIN5	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 ADC 输入
12	AIN4	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 ADC 输入
13	AIN2	I	ADC 输入
14	AIN3	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是 ADC 输入
15	INT12	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是外部中断
16	VDD_C2	Power	内核电源输出, 必须外接一个1uF 和一个0.1uF 滤波电容到地
17	IRQ#	O	RF 事件输出, 低电位动作
18	XO	O	晶体振荡器输出脚
19	XI	I	晶体振荡器输入脚
20	VDD	Power	电源输入端
21	VSS	Gnd	地线
22	ANT	I	RF 天线输入接口
23	VDD	Power	电源输入端
24	VSS	Gnd	地线
25	VDD	Power	电源输入端
26	SCK	O	SPI 串行时钟
27	INT00	I/O	自定义 GPIO 功能脚或是外部中断
28	VDD_C1	Power	内核电源输出, 必须外接一个 1uF 和一个 0.1uF 滤波电容到地
29	VDD	Power	电源输入端
30	TXD0	I/O	串口通信输出接口或是 GPIO 功能脚
31	RXD0	I/O	串口通信输入接口或是 GPIO 功能脚
32	RST#	I	复位输入接口, 低电位动作

 极限参数

表-4：最大参数

Parameter	Symbol	MIN	TYP	MAX	Unit
工作温度.	T_{OP}	-10		+85	°C
存储温度.	$T_{STORAGE}$	-55		+125	°C
工作电压	V_{IN_MAX}			+3.6	VDC
1.8V电压	V_{DD_MAX}			+2.5	
IO电压	V_{OTHER}	-0.3		+3.6	VDC
输入射频信号强度	P_{IN}			+10	dBm

Notes :

1. 极限值表示芯片在超出此条件工作时，可能会损坏。芯片在建议工作值范围内功能正常。
2. 芯片对静电比较敏感，在运输和存储时，最好使用防静电设备，用机器或手工焊接时要有良好的接地。


电气参数
表-5 : 电气参数 1

条件: TA = 25 °C, VDD= 3.3 VDC

Parameter	Symbol	MIN	TYP	MAX	Units	Test Condition and Notes
工作电压						
直流工作电压		1.9		3.6	VDC	Input to VDD pins.
工作电流						
TX 工作电流	IDD_TXH	14	22	35	mA	TX Typical : POUT =2dBm
RX 工作电流	IDD_RX	17	20	23	mA	
Sleep Mode 不关晶振电流	IDD_IDLE1	3.4			mA	Configured for BRCLK output running.
	IDD_IDLE2	3.1			mA	Configured for BRCLK output OFF.
Sleep Mode 工作电流	IDD_SLP		6		uA	32k XO working
数字输入						
高电平电压	VIH	0.8 VDD		1.2 VDD	V	
低电平电压	VIL	0		0.8	V	
输入电容	C_IN			10	pF	
输入漏电	I_LEAK_IN			10	uA	
数字输出						
高电平电压	VOH	0.8 VDD		VDD		
低电平电压	VOL			0.4	V	
输出电容	C_OUT			10	pF	
输出漏电	I_LEAK_OUT			10	uA	
SPI 电平边沿时间	T_RISE_OUT			5	nS	
时钟信号						
SPI 时钟沿上升下降时间	Tr_spi			25	nS	Requirement for error-free register reading, writing.
SPI 时钟速度	FSPI	0	6	12	MHz	
收发器特性						
工作频率	F_OP	2,402		2,480	MHz	
天线端口差异 (Z0=50Ω)	VSWR_I		<2:1		VSWR	Receive Mode.
	VSWR_O		<2:1		VSWR	Transmit Mode.
Air Data Rate	RGFSK		1		Mbps	

表-5 : 电气参数 1 (接前表)

Parameter	Symbol	MIN	TYP	MAX	Units	Test Condition and Notes
Receive Section						Measured using 50 Ohm balun. For BER ≤ 0.1%.
接收灵敏度			-85		dBm	FEC off.
最大输入功率		-20	1		dBm	
数据率	T _s		1		us	
抗干扰特性						For BER ≤ 0.1%
同频干扰	CI_cochannel		+9		dB	-60 dBm desired signal.
1MHz 相邻信号干扰	CI_1		+6		dB	-60 dBm desired signal.
2MHz 相邻信号干扰	CI_2		-12		dB	-60 dBm desired signal.
3MHz 相邻信号干扰	CI_3		-24		dB	-67 dBm desired signal.
带外干扰	OBB_1	-10			dBm	30 MHz to 2000 MHz
	OBB_2	-27			dBm	2000 MHz to 2400 MHz
	OBB_3	-27			dBm	2500 MHz to 3000 MHz
	OBB_4	-10			dBm	3000 MHz to 12.75 GHz
Transmit Section						Measured using 50 Ohm balun3.
发射功率	PAV			4	dBm	POUT= maximum output power
			2		dBm	POUT = nominal output power
		-17			dBm	POUT=minimum output power
调制特性						
最大频偏	00001111 Pattern	Δf1avg		280	KHz	
	00001111 Pattern	Δf2max		225	KHz	
带内辐射						
2MHz 频偏	IBS_2			-40	dBm	
>3MHz 频偏	IBS_3			-60	dBm	
带外辐射	OBS_O_1		< -60	-36	dBm	30 MHz ~ 1 GHz
	OBS_O_2		-45	-30	dBm	1 GHz ~ 12.75 GHz, excludes desired signal and harmonics.
	OBS_O_3		< -60	-47	dBm	1.8 GHz ~ 1.9 GHz
	OBS_O_4		< -65	-47	dBm	5.15 GHz ~ 5.3 GHz

Note :

1. 测试是在 2,460MHz 频率下进行, 干扰信号以 1MHz 间隔测试。同时因为干扰信号的谐波会影响性能, 所以要对其进行良好的滤波。
2. 在一些应用中, 天线前端会加上滤波器, 或者受到天线有效带宽的限制。

表-6 : 电气参数 2

Parameter	Symbol	MIN	TYP	MAX	Unit	Test Condition and Notes	
射频 VCO 和 PLL							
PLL 锁定范围	FLOCK	2,366		2,516	MHz		
发射接收机频偏			--		ppm	Same as XTAL pins frequency tolerance	
信道宽度			2		MHz		
单边带相位噪声			≤ -95		dBc/H z	550kHz offset	
			≤ -115		dBc/H z	2MHz offset	
晶体频率			12.00 16.00		MHz	Designed for 12 or 16 MHz crystal reference freq.	
芯片内部晶体调节范围			±10		ppm	See Register 27 description. Amount of pull depends on crystal spec. and operating point.	
PLL 稳定时间	THOP		75	150	uS	Settle to within 30 kHz of final value.	
辐射	OBS_1		< -75	-57	dBm	30 MHz ~ 1 GHz	IDLE state, Synthesizer and VCO ON.
	OBS_2		-68	-47	dBm	1 GHz ~ 12.75 GHz	
LDO 电压							
压降范围	Vdo		0.17	0.5	V	Measured during Receive state	

表-7 : BLE 4.0 电流功耗

Mode	Description	Total Typical Current at 3.0V
Standby	In wakeup state, no TX, no RX	50 uA
Sleep	Sleep. wakeup through SPI command	3 uA
TX active	In transmitting	20 mA @ 0dBm output power
RX active	In receiving	20 mA

表-8 : LT5926 电流功耗

Mode	Description	Total Typical Current at 3.0V
Sleep1	Shutdown Bluetooth Module totally	6uA
Sleep2	Keep Bluetooth Module standby	56uA
TX active	In transmitting	30mA @ 0dBm output power
RX active	In receiving	28mA

应用信息

1. 使用说明

LT5926 内部的 32bit MCU 通过 SPI 接口对 BLE 进行通信，内部 SPI 接口包括以下信号：

- IRQ# (This signal is active low and is controlled by maskable interrupt sources)
- CS# (SPI Signal)
- SCK (SPI Signal)
- MOSI (SPI Signal)
- MISO (SPI Signal)

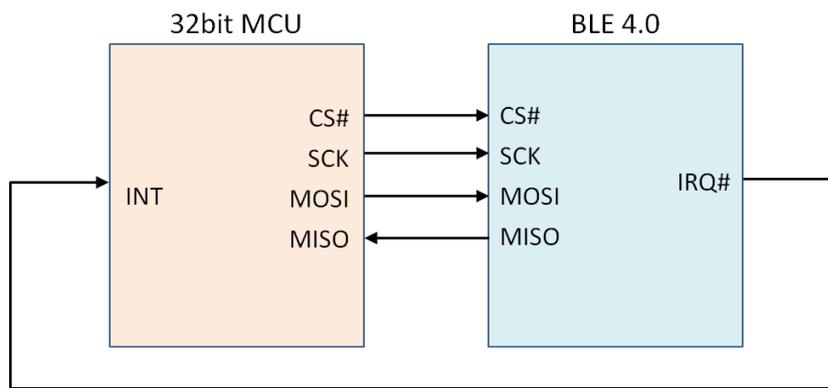


图-3：内部 MCU 通过 SPI 到 BLE 4.0 的接口

SPI 接口对 BLE 进行通信的时序图如下所示：

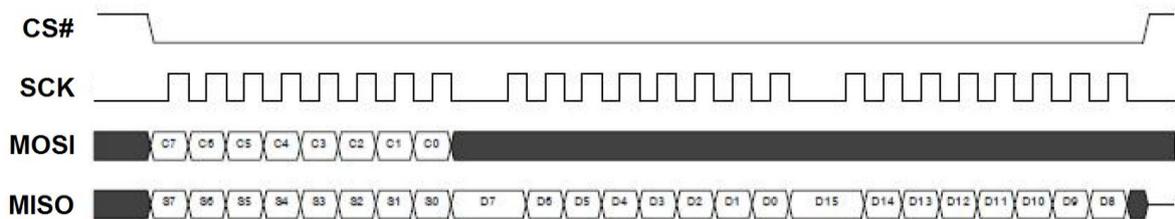


图-4：BLE 的 SPI Read

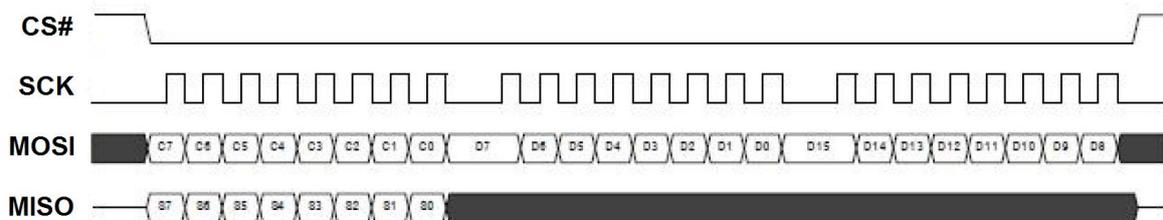


图-5：BLE 的 SPI Write

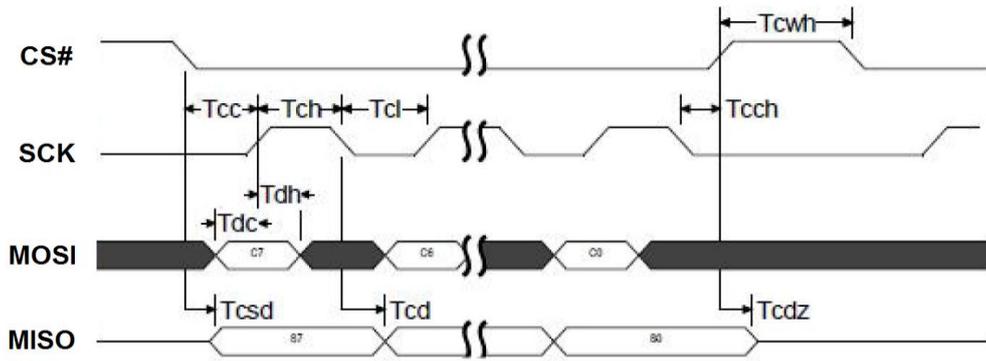


图-6 : BLE 的时序图

表-8 : SPI 时序参数

Symbol	Parameters	Min.	Max.	Unit
Tcc	CS# to SCK setup	2		ns
Tch	SCK high time	40		ns
Tcl	SCK low time	40		ns
Tcwh	CS# inactive time	50		ns
Tcch	SCK to CS# hold	2		ns
Tdc	Data to SCK setup	2		ns
Tdh	SCK to Data hold	2		ns
Tcsd	CSN to Data Valid		42	ns
Tcd	SCK to Data Valid		58	ns
Tcdz	CS# to Output High Z		42	ns
Tr, Tf	SCK Rise and Fall		100	ns

Note : MCU 透过 SPI 接口对 BLE 4.0 的寄存器进行读写，就可以控制 BLE 的动作，相关控制程序可以参考 LT32A01 规格书与应用手册。

2. BLE 寄存器

表-9 : 寄存器表

Address (Hex)	Mnemonic	Bit	Reset Value	Description
01	CH_NO			BLE Channel
		7:6	0	Reserved
		5:0		BLE Advertise Channel Number(37,38,39)
02	MODE_TYPE			ADV/Data Tx/Rx Mode
		7:4	0	Reserved
		3	1	Adv Event
		2	0	Tx Enable
		1:0	00	01 - Rx Enable
03	ADV_HDR_TX			Advertise Pdu Header for Tx
		15:8	0	Pdu Length
		7:0	0	Pdu Type
04	ADV_HDR_RX			Advertise Pdu Header for Rx
		15:8	0	Pdu Length
		7:0	0	Pdu Type
07	START_TIME			Tx/Rx Start Time
		23:0	0	Start Time
0E	INT_FLAG			Interrupt Mask and Flag
		15:8	0	Interrupt Mask Bit
		7:5	0	Reserved
		4	0	Tx_Done
		3	0	Reserved
		2	0	Reserved
		1	0	Enter Sleep
		0	0	Woken Up
0F	SLEEP_WAKE			Sleep / wakeup configuration
		31:8	0	Wake Up Time
		7:2	0	Reserved
		1	0	Enable Sleep
		0		Enable Wakeup
10	CLK_CNT			LF Clock Counter and HF Clock Counter
		47:24	0	LF Clock Counter
		23:0	0	

表-9 : 寄存器表 (接前表)

Address (Hex)	Mnemonic	Bit	Reset Value	Description
11	TIMEOUT			TX/RX Timeout (us)
		16	1	Disable Timeout
		15:8	1	Timeout Time Byte1
		7:0	2C	Timeout Time Byte0
A0	TX_PLD			TX Data Payload, MaxLen is 31 Bytes

3. 参考应用电路

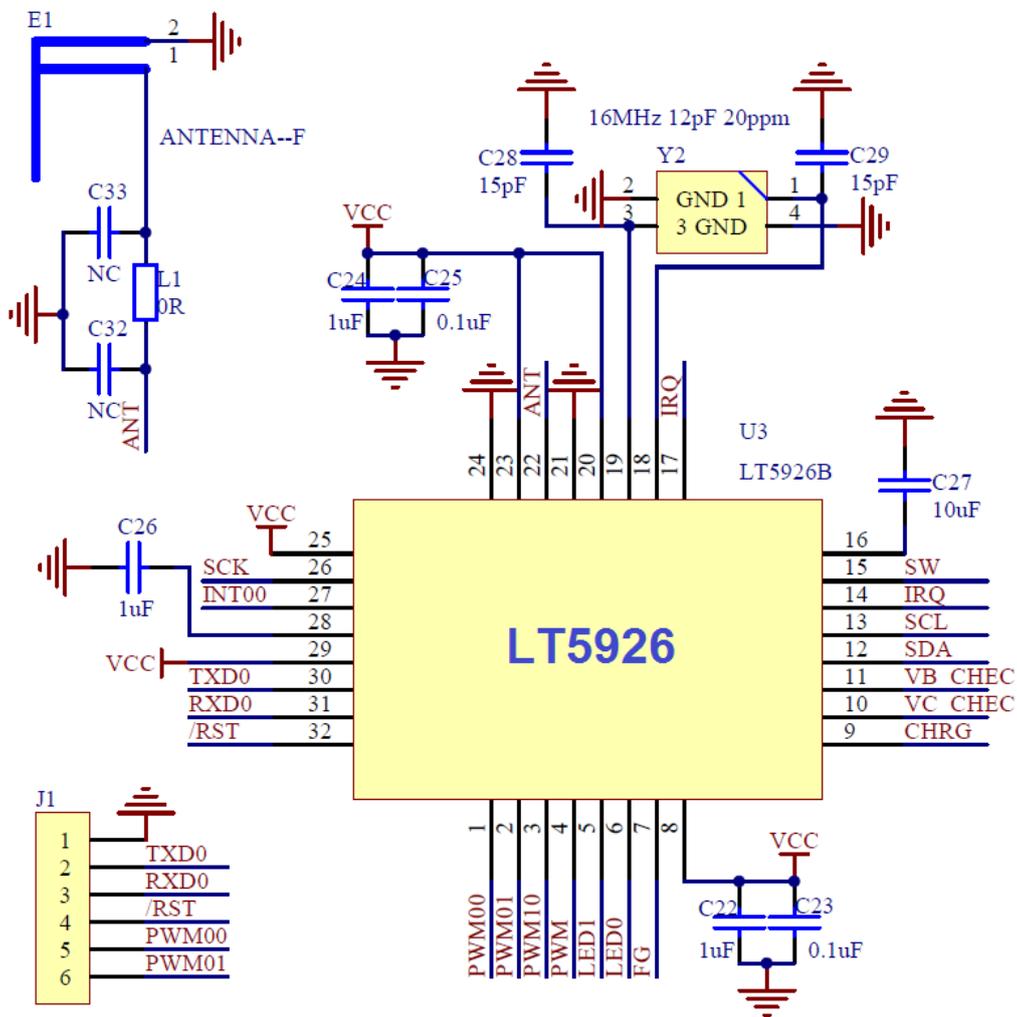


图-7 : LT5926 应用电路

4. PCB 布线注意事项

■ 电源

电源线、地线的布线直接关系到产品的性能，把噪声干扰降到最低。布线时要尽量加宽地线、电源线宽度，地线 > 电源线 > 信号线，通常信号线宽0.2~0.3mm，电源线宽1.2~2.5mm，用大面积铜层做地线用，在PCB 上把没有用的空间都铺成地。

电源加两个电容，如果用LDO 供电，分别取值1uF 和0.1uF 用以滤波；如果用纽扣电池供电，电容分别取值10uF和10uF 用以稳压。

■ 晶振

晶振电路要尽量短和对称，靠近芯片，以减少噪声干扰以及分布电容的影响。晶振外壳要良好接地。

■ 天线

天线对通信影响很大，请使用成熟的2.4GHz 天线结构，或者严格按照天线要求制板。一般PCB 天线需要净空，天线与地(铺铜)之间距离应大于0.5mm。天线周围不要有元器件或金属结构。[芯片ANT 到天线之间的走线不能太长，线宽要考虑阻抗匹配要求。](#)

封装尺寸

LT5926A : 48Pin QFN(6x6)

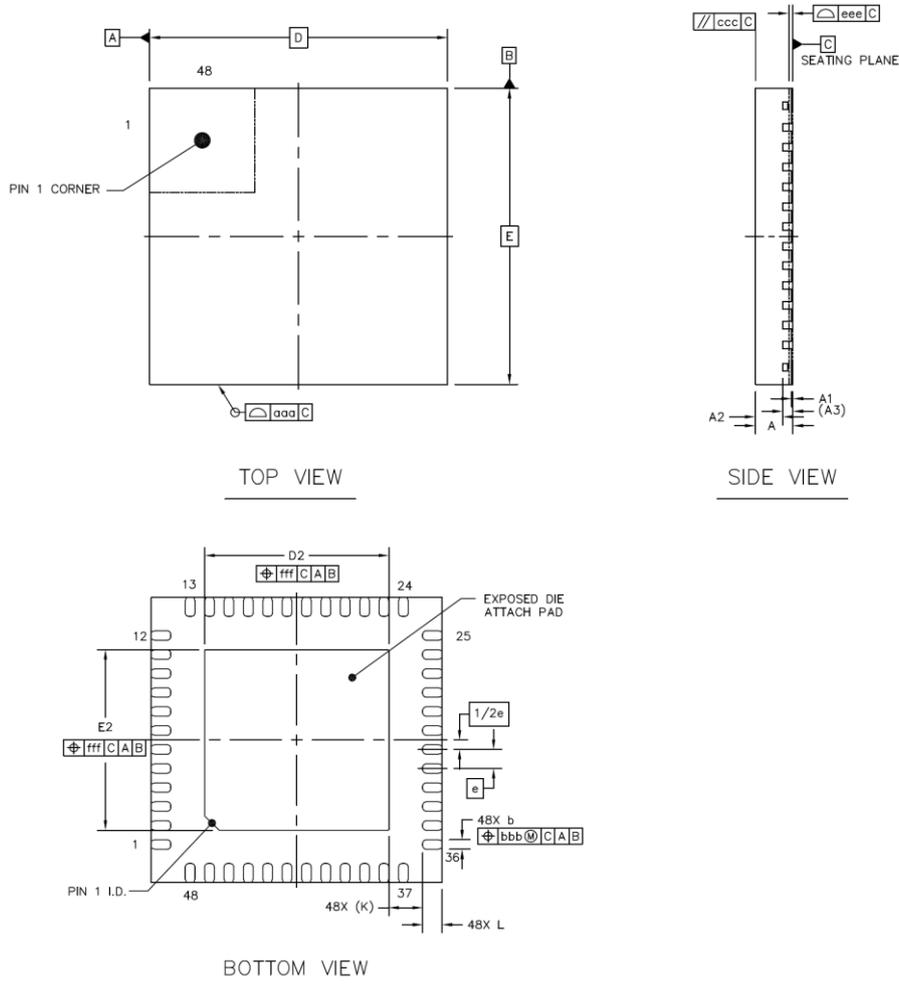


表-10 : LT5926A 外观尺寸表

		SYMBOL	MIN	NOM	MAX
TOTAL THICKNESS		A	0.7	0.75	0.8
STAND OFF		A1	0	0.02	0.05
MOLD THICKNESS		A2	---	0.55	---
L/F THICKNESS		A3	0.203 REF		
LEAD WIDTH		b	0.15	0.2	0.25
BODY SIZE	X	D	6 BSC		
	Y	E	6 BSC		
LEAD PITCH		e	0.4 BSC		
EP SIZE	X	D2	3.7	3.8	3.9
	Y	E2	3.7	3.8	3.9
LEAD LENGTH		L	0.3	0.4	0.5
LEAD TIP TO EXPOSED PAD EDGE		K	0.7 REF		
PACKAGE EDGE TOLERANCE		aaa	0.1		
MOLD FLATNESS		ccc	0.1		
COPLANARITY		eee	0.08		
LEAD OFFSET		bbb	0.07		
EXPOSED PAD OFFSET		fff	0.1		

LT5926B : 32Pin QFN(5x5)

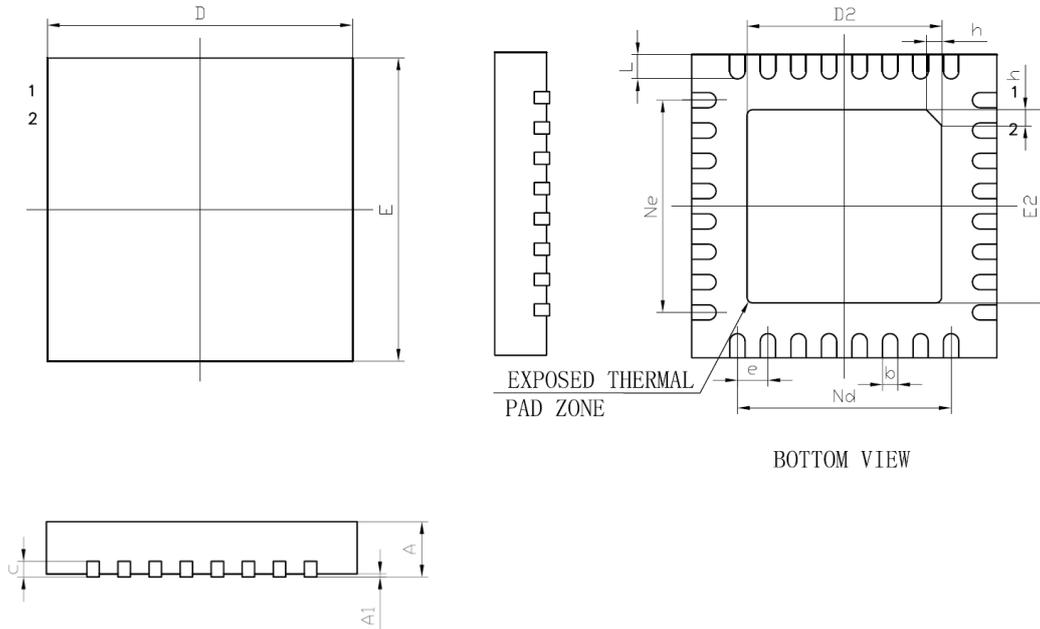


表-11 : LT5926B 外观尺寸表

SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A	0.70	0.75	0.80
A1	—	0.02	0.05
b	0.18	0.25	0.30
c	0.18	0.20	0.25
D	4.90	5.00	5.10
D2	3.10	3.20	3.30
e	0.50BSC		
Ne	3.50BSC		
Nd	3.50BSC		
E	4.90	5.00	5.10
E2	3.10	3.20	3.30
L	0.35	0.40	0.45
h	0.25	0.30	0.35
L/F载体尺寸	146X146		

 版本记录

表-12：规格书版本

版 别	发 布 日 期	改 版 内 容
V1.0	2017/12	正式发布
V1.1	2018/8	增加表-8：LT5926 电流功耗

 版权说明

本文件之版权属于乐升半导体所有，若需要复制或复印请事先得到乐升半导体的许可。本文件记载之信息虽然都有经过校对，但是乐升半导体对文件使用说明的规格不承担任何责任，文件内提到的应用程序仅用于参考，乐升半导体不保证此类应用程序不需要进一步修改。乐升半导体保留在不事先通知的情况下更改其产品规格或文件的权利。有关最新产品信息，请访问我们的网站 [Http://www.levetop.cn](http://www.levetop.cn)。