



动态差分霍尔效应齿轮传感器电路

产品描述

LD1921 是基于霍尔效应的工作原理，穿过霍尔集成电路的偏置磁场的强度和方向，将随运动着的齿轮的齿顶、齿谷（齿间隙）位置的不断变化而改变，从而两个差分霍尔传感器感测到的磁场信号的差转变成了差分电压信号，这个微弱的电压信号经滤波、放大和自适应比较以后，就去触发电路内部的开关单元电路进行开和关的动作，于是在该电路的输出端就产生了对应于齿轮形状的高低电平的数字信号。

LD1921 电路内部包含有稳压器、输入级过电压保护、输出级过电压保护、差分霍尔传感器、温度补偿、小信号放大器、高通滤波器、自适应窗口比较器和集电极开路输出级等单元模块。采用了双传感器差分结构感测磁场变化量的差，来代替单个传感器感测磁场的绝对变化量，这一设计方案使得温度漂移、制造工艺的波动、偏置磁场的离散型等对参数性能的影响减少到了最低程度。由于包含了内部稳压器单元和温度补偿单元，所以 LD1921 可以在 4.5~24V 的宽电压范围和-40~+150℃的宽温度范围内稳定可靠地工作。集电极开路输出结构具有最大 50mA 的电流能力，输出电平很容易和任何逻辑电路相兼容。正因为 所具有的众优势和特征，使得它特别适合于非零速的齿轮、位置、时间等检测方面的应用。

特点

- 工作电压范围宽：4.5~24V
- 输入级过电压保护，输出级过电压保护
- 集电极开路输出最大电流能力：50mA
- 差分霍尔传感器结构，灵敏度高
- 对称的磁场开关点，保证了占空比的稳定
- 能抗物理应力和 EMI 电磁干扰
- 电源电压接反保护
- 工作温度范围宽：-40~+150℃
- 最大工作频率：20kHz
- 有效检测距离范围宽
- 输出电平和任何逻辑电路相兼容
- 抗抖动能力强，不易误动作

应用

- 凸轮轴传感器
- 速度和位置检测
- 链轮转速
- 运动停止检测
- 曲轴传感器
- 转速表和计数器
- 链条输送机的速度和距离

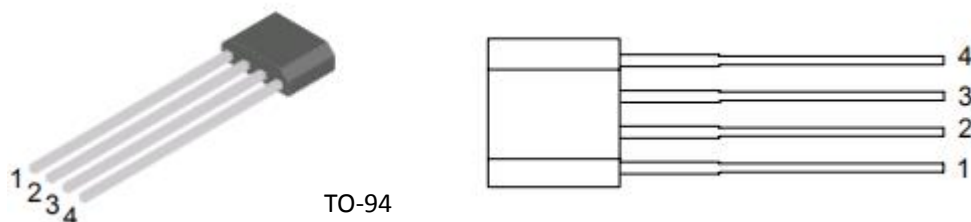


DHA[®]

QJ/DHA 01.125-2019

LD1921

管脚定义



管脚	名称	功能描述
1	VCC	电源电压
2	VOUT	集电极开路输出
3	GND	地
4	CAP	滤波电容。CAP 脚相对 GND 间外加一个滤波电容

功能框图

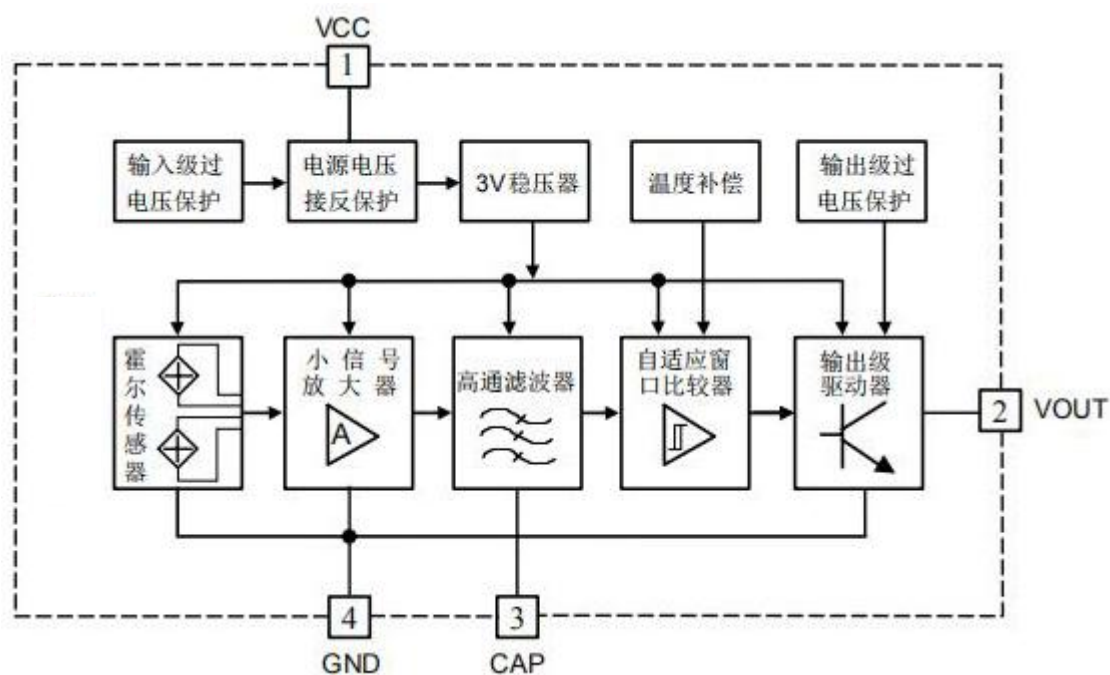


图 1. LD1921 的内部功能框图



®

DHA ®

QJ/DHA 01.125-2019

LD1921

极限参数 (备注1)

参数	符号	量值	单位
电源电压	V _{CC}	-35 ~ +30	V
输出电压	V _{OUT(OFF)}	-0.7 ~ +30, 输出管关断	V
输出低电平电流	I _{OUT(SINK)}	50	mA
CAP 脚电压	V _{CAP}	-0.3 ~ +3.0	V
最大允许的功耗	P _D	500	mW
工作温度范围	T _{OP}	-40 ~ +150	°C
最大结温	T _{J(max)}	165	°C
贮存温度	T _{ST}	-65 ~ +170	°C



特性参数

工作特性指的是在整个工作电压和工作温度范围内，除非另有说明。

典型值的测试条件： $V_{CC}=12V$ 和 $T_A=25^{\circ}C$

特性	符号	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压(备注2)	V_{CC}		4.5	-	24	V
输出低电平电压	$V_{OUT(SAT)}$	$I_{OUT}=40mA$, 输出管打开	-	250	600	mV
输出高电平漏电流	I_{OL}	$V_{OUT}=24V$, 输出管关断	-	-	35	μA
电源电流	I_{CC}	$V_{CC}>4.5V$, 输出管关断	8.0	9.5	14.0	mA
上电时间	t_{PO}	$F_{OP}=10kHz$	-	25	100	μs
上电后输出的初始状态	POS		-	未定义	-	-
输出上升时间(备注3)	t_r	$R_L=2k\Omega$, $C_{OUT}=4.7nF, 10\% \sim 90\%$	-	21	-	μs
输出下降时间	t_f	$V_L=5V, R_L=2k\Omega$, $C_{OUT}=4.7nF, 90\% \sim 10\%$	-	6	-	μs
滤波器的磁场灵敏度	$SCAP$	第3脚CAP的输出电压 随磁场的变化率: $\Delta V_{CAP} / \Delta B$	-	-0.5	-	mV/Gs
滤波器的等效输入电阻	R_{CAP}	$\Delta V_{CAP} / \Delta I_{CAP}$	32	44	52	k Ω
滤波器的偏置电压	V_{CAP}	$\Delta B=0$	1.6	2.0	2.4	V
磁场开关点	$\Delta B_{OP},$ ΔB_{RP}	$F_{OP}=200Hz$, $\Delta B=200Gs$	-	± 7.5	-	Gs
工作频率(备注4)	F_{OP}	$\Delta B=50Gs$	-	-	20	kHz
电源端钳位保护	V_{SZ}	$I_{CC}=16mA$	32	-	40	V
输出端钳位保护	V_{OZ}	$I_{OUT}=16mA$	32	-	40	V

备注：1) 超出其中任何一个最大额定值，器件都有可能受到损害

2) 能正常工作的最大电源电压，必须根据结温和功耗的限制进行调整

3) 这个参数主要不是受 LD1921 内部电路的影响，它主要由外部接口电路决定

4) 取决于外接的滤波电容 CF，参考后面“应用指导”里面的内容

DHA[®]

QJ/DHA 01.125-2019

LD1921

传感器工作原理（以常用的背磁应用为例）

磁力线在铁类等导磁材料附近会偏离原来的方向而发生畸变，所以磁力线方向和磁场强度会随着铁类齿轮的运动而改变，如图 2(A)所示。LD1921 内含有两个中心点相距 2.5mm 的霍尔传感器，两个霍尔传感器的中间是信号处理电路单元，如图 2(B)所示。如果一个霍尔传感器面对着齿轮的齿顶，另一个霍尔传感器面对着齿轮的齿谷（齿间隙），那么就产生了一个差分磁场信号，随着齿轮从齿顶、齿谷的运转变换，这个差分磁场信号的极性也会以相同的速度改变，相应的磁场变化量通过内部信号处理电路转化为电压信号并去触发和控制输出级电路，使其在导通（输出低电平）和截止（输出高电平）状态之间进行转换。最大的差分磁场信号是发生在齿的边缘处，当差分磁场信号超过 ΔB_{RP} 时，LD1921 的输出管就会关断（截止，VOUT 为高电平），这是图 2(C)中齿轮的齿由靠近第 4 脚的第二个霍尔传感器感测到以后的情况。随着差分磁场信号低于 ΔB_{OP} ，LD1921 的输出管就会打开（导通，VOUT 为低电平），这是图 2(C)中齿轮的齿由靠近第 1 脚的第一个霍尔传感器感测到以后的情况。需要指出的是，在静态时没有磁场改变量，所以输出信号是不确定的。

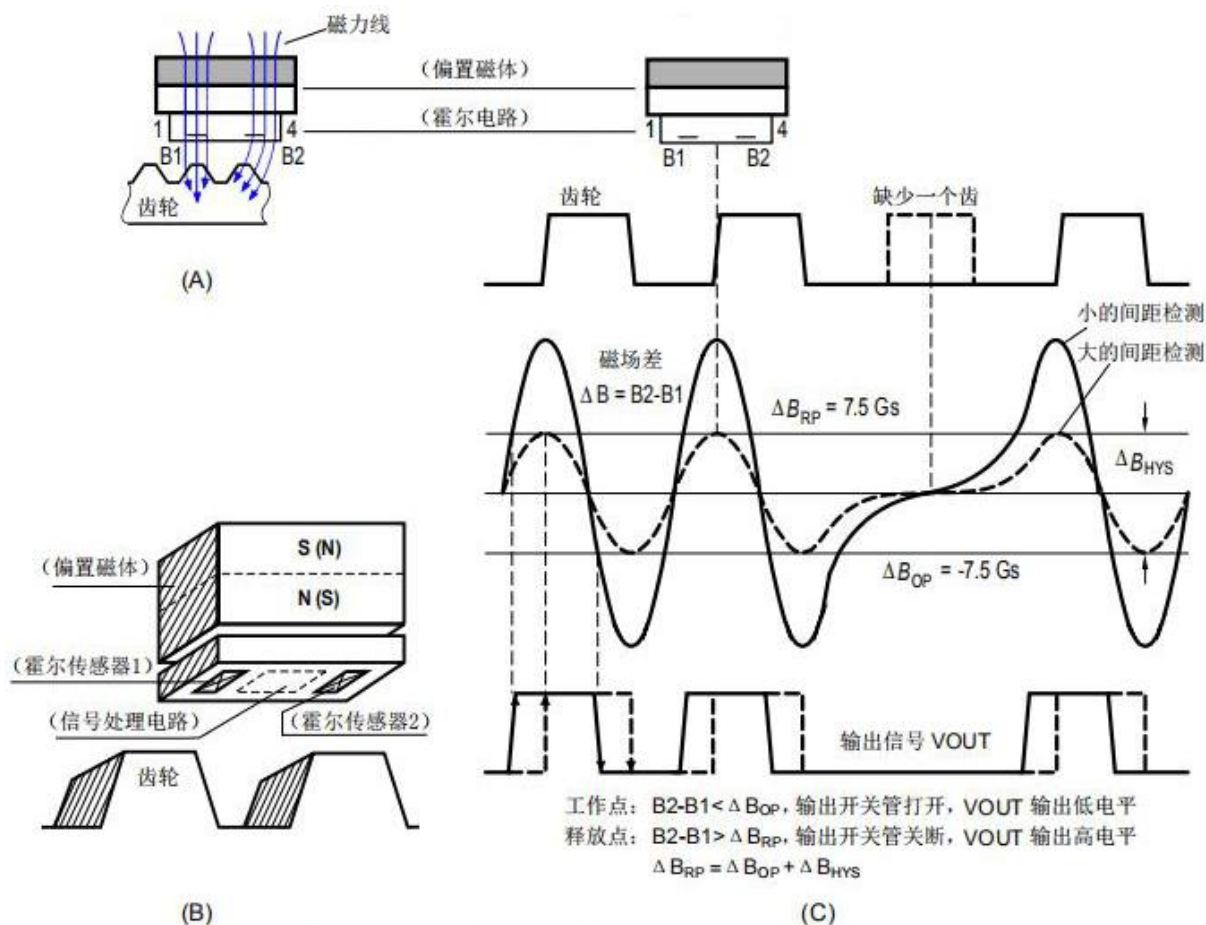


图 2. LD1921 做为齿轮传感器应用时的基本工作原理



®

DHA®

QJ/DHA 01.125-2019

LD1921

应用指导

LD1921 可用于检测旋转的磁环或在背磁后用于检测旋转的齿轮。LD1921 的应用非常简单，外面只需要接一个电容和一个上拉电阻以后，面对传感器的齿轮或其它专门设计目标的旋转或运动这些信息，在传感器的输出端就能以数字信号的形式快速地反映出来，这使得在具体应用中减少了大量的系统设计时间并且大幅度降低了装配和调试成本。

滤波电容的选择

第 4 脚 CAP 和第 3 脚 GND 之间外接的滤波电容 C_F 在 LD1921 应用电路中起着非常重要的作用，它影响着传感器电路的最低工作频率。滤波器的截止频率可以用下面的等式计算：

$$f = \frac{1}{2\pi \times R_{CAP}(T) \times C_F}$$

上式中 R_{CAP} 代表滤波器的等效输入电阻。通常情况下，建议使用 $0.1 \sim 1.0 \mu\text{F}$ 低漏电的陶瓷电容（X7R），就可以满足大多数的实际应用要求。

CAP 脚的漏电（主要指的是外接电容 C_F 的漏电）会造成传感器电路磁场开关点的漂移，磁场开关点的漂移可以用下面的等式近似计算：

$$\Delta B_M = \frac{I_L \times R_{CAP}(T)}{S_{CAP}(T)}$$

上式中 I_L 、 R_{CAP} 、 S_{CAP} 分别代表 CAP 脚的漏电、滤波器的等效输入电阻和滤波器的磁场灵敏度。CAP 脚的漏电会导致传感器电路低速性能的退化，如果使用了漏电过大的电容，更可能会导致不确定性的出现：例如在齿轮还没有运动时，传感器的输出状态可能也会改变等这种意想不到的问题。此外为了保证稳定可靠的工作频率，在工作温度范围内，电容值的变化量不应该超过 $\pm 30\%$ ，需要注意的是，常用的温度代码为 Z5U 的陶瓷电容不满足可靠性应用的要求。



检测距离和齿轮几何尺寸的关系

有效检测距离和齿轮的齿规格有很大的关系，齿规格指的是：齿宽度（t）、齿谷宽度（tv）、齿深（高）度（ht）、齿面厚度（F）和齿轮材质。较大规格的齿宽度、齿谷宽度、齿深（高）度可以得到较大的检测距离和精准的时间检测。在一般

特征	名称	要求
齿宽度	t	大于 2mm
齿谷宽度	tv	大于 2mm
齿深（高）度	ht	大于 3mm
齿面厚度	F	大于 3mm
材质		低碳钢

一般情况下，为了实现大于 2mm 的检测距离，下面这些齿轮(检测目标)的规格必须遵循，这些规格的偏差将可能导致检测距离的减小和检测时间的精度偏差。

齿轮直径和转速

信号频率直接受齿轮的规格和转速（RPM）的影响，而由齿产生的磁信号的宽度(角度)和磁信号的变化速率（斜率）与齿轮的外圆周长（ πD_o ）成正比例。较小直径（ $D_o < 20\text{mm}$ ）的齿轮，因其以较小的单位角速度去产生磁信号，从而限制了齿轮的低速运转速度。较大直径（ $D_o > 200\text{mm}$ ）的齿轮因其以较大的单位角速度去产生磁信号，从而限制了齿轮的高速运转速度。

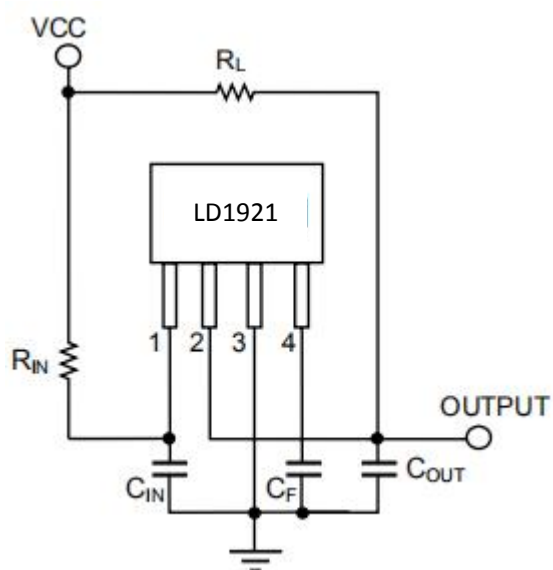
信号的占空比

LD1921 具有很好的磁场开关点的对称性和一致性，所以对于均匀重复分布的目标齿结构，在整个有效检测距离范围和温度范围内，都能保证输出一个精确的占空比。对于不均匀重复的目标齿结构，脉冲宽度会随着检测距离的改变有一个小的但可以检测到的变化。



典型应用电路

LD1921 一般不需要额外复杂的保护线路，这是因为其内部包含的片上稳压器可以承受外接电源在.5~24V 内的变化和波动。但在杂散噪声较大的环境中应用时，建议还是在电源线上加上一个基本的 RC 低通滤波器 (R_{IN} & C_{IN})，另外作为可选项还可以在输出上加一个输出电容 (C_{OUT})，如图 3 所示。由于 LD1921 采用的是集电极开路输出级结构，输出端的上拉电阻 R_L 是必不可少的。



$R_F=470\text{nF}$, $R_L=2\text{k}\Omega$

$R_{IN}=10\Omega$, 是可选项，不是必须的。

$C_{IN}=4.7\text{nF}$, 是可选项，不是必须的。

$C_{OUT}=4.7\text{nF}$, 是可选项，不是必须的。

图 3. LD1921 的典型应用电路示意图



®
DHA ®

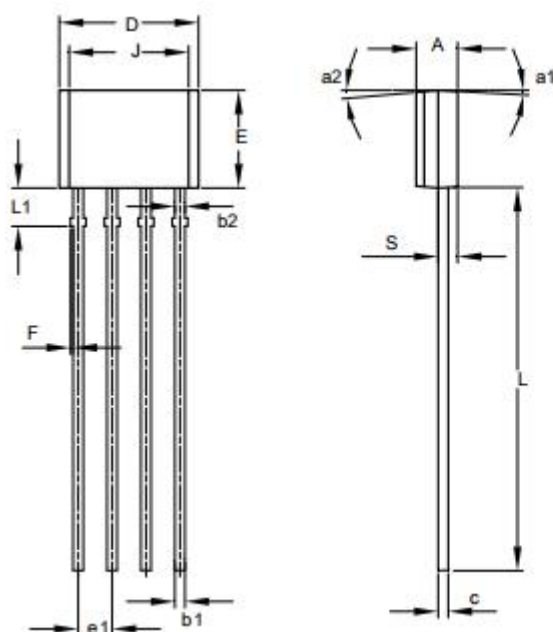
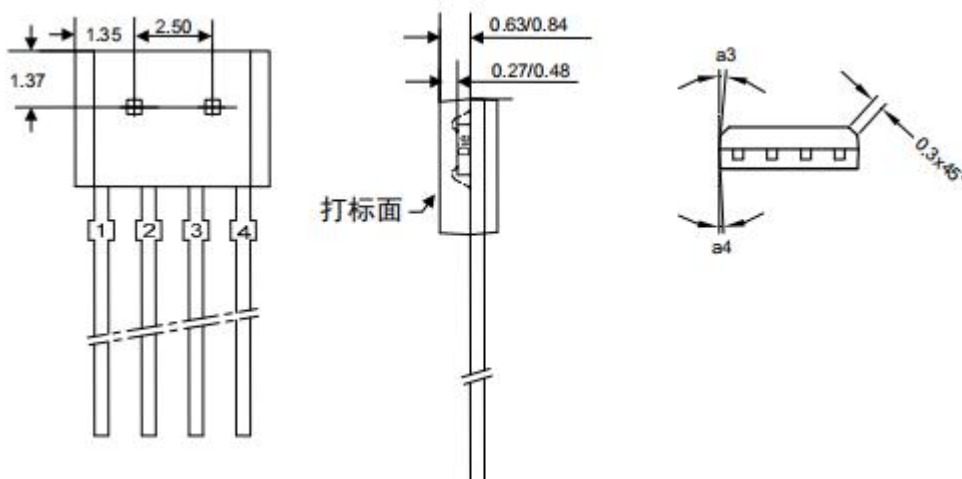
QJ/DHA 01.125-2019

LD1921

封装信息

TO-94

单位: mm



尺寸	最小	最大	典型
A	1.45	1.65	1.55
b1	0.38	0.44	0.40
b2	-	-	0.48
c	0.35	0.45	0.40
D	5.12	5.32	5.22
e1	1.24	1.30	1.27
E	3.55	3.75	3.65
F	0.00	0.20	-
J	4.10	4.30	4.20
L	14.00	14.60	14.30
L1	1.32	1.52	1.42
S	0.63	0.83	0.73
a1	-	5°	3°
a2	4°	7°	5°
a3	10°	12°	11°
a4	5°	7°	6°

单位: mm