

## CC6538

车规级高精度、低噪声可编程线性霍尔传感器 IC  
具备先进的温度补偿技术和高带宽(240kHz)模拟输出

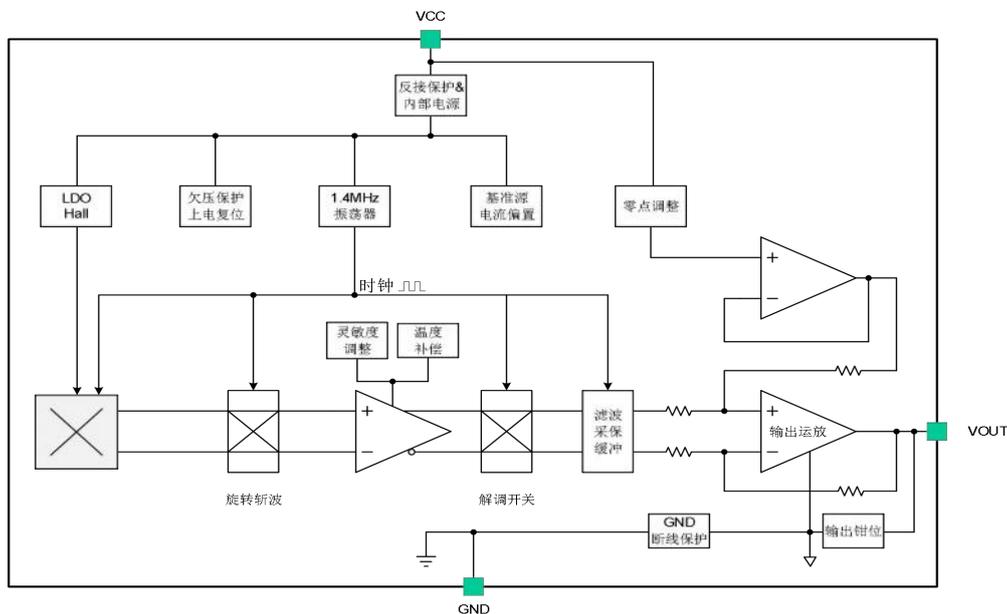
## 特性

- ◆ 电压工作范围：4.5~5.5V，增益随  $V_{CC}$  线性比例变化
- ◆ 测量范围宽，线性度优于 0.25%
- ◆ 斩波、谐波、噪声功率与基波占比小于 1%（30kHz 正弦波测试）
- ◆ 响应时间典型值为 1.2us
- ◆ 1.4MHz 斩波频率，高带宽，低噪声，信号带宽典型值 240kHz
- ◆ 低功耗，IC 静态工作电流为 18mA
- ◆ 工作环境温度：-40~150°C，存储温度范围-40~165°C
- ◆ 抗干扰能力强，抗机械应力能力强
- ◆ 多重保护功能：断线保护、反接保护、高压钳位、输出钳位。
- ◆ 低温漂（<1.5%），低时漂
- ◆ 潮敏等级：MSL1
- ◆ ESD (HBM)  $\pm 8kV$ ；ESD (CDM)  $\pm 2kV$

## 应用

- ◆ 车规级电流传感器模块
- ◆ 齿轮传感器
- ◆ 位移测量

## 功能框图



## 概述

CC6538 片内集成霍尔，采用 BCD 工艺制程实现霍尔和信号调理 ASIC 电路一体化集成设计。芯片包含高灵敏度霍尔传感器、霍尔信号预放大器、高精度霍尔温度补偿单元、振荡器、动态失调消除电路和放大器输出模块。

CC6538 采用先进的自适应霍尔温度补偿技术，可在 -40~150°C 间正常工作。线性输出范围宽，电源电压 5V 条件下， $V_{OUT}$  输出可在 0.5~4.5V 之间随磁场线性变化，线性度高达 0.25%。集成动态失调消除电路，灵敏度和静态输出电压几乎不受外界压力和封装应力影响。斩波频率 1.4MHz，带宽 240kHz，响应速度快。芯片内部集成 E-fuse，可编程次数 2 次并具有熔丝锁定功能。

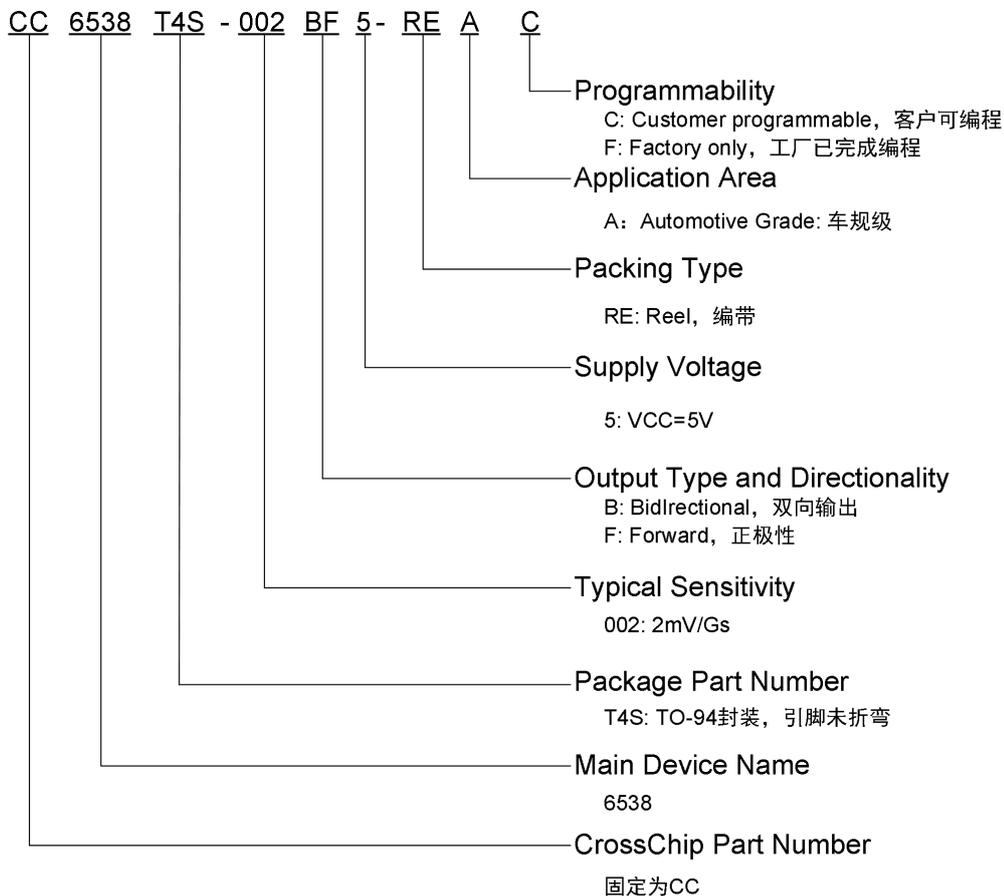
CC6538 满足零点调节、增益调节、极性调整、反接保护和断线保护的功能。具备温度补偿、线性度校准，产品高低温校准在芯片层面完成。

CC6538 提供 TO-94 封装，工作温度范围 -40~150°C，存储温度范围 -40~165°C，满足无卤，无铅和 RoHS 等环保要求相关规定。

订购信息

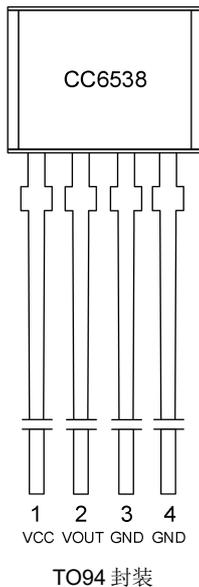
产品名称	VCC (V)	默认灵敏度 (mV/Gs)	灵敏度 (mV/Gs)	封装外形	包装
CC6538T4S-002BF5-RE-AC	5	2	0.4 ~ 3.6	TO-94	编带, 4000 片/卷

产品名称定义



注：正极性定义为当磁场北极靠近丝印面，输出值增大。反极性定义为当磁场南极靠近丝印面，输出值增大。

## 管脚定义



名称	编号	描述
VCC	1	电源输入
VOUT	2	信号输出引脚，可接外部 ADC
GND	3	地
GND	4	地

## 输出极性



图示为正极性，可编程为反极性

## 极限参数

参数	符号	数值	单位
正向电源电压	$V_{CC}$	24	V
反向电源电压	$V_{RCC}$	-24	V
正向输出电压	$V_{OUT}$	25	V
反向输出电压	$V_{ROUT}$	-1.5	V
工作环境温度	$T_A$	-40~150	°C
存储环境温度	$T_S$	-40~165	°C
最大结温	$T_{J(max)}$	165	°C
磁场强度	B	无限制	mT
静电保护	ESD( HBM )	±8	kV
	ESD( CDM )	±2	kV

注意: 应用时不要超过最大额定值, 以防止损坏。长时间工作在最大额定值的情况下可能影响器件的可靠性。

## 推荐工作环境

参数	符号	最小值	最大值	单位
电源电压	$V_{CC}$	4.5	5.5	V
环境温度	$T_A$	-40	150	°C

工作特性 (若无特别指明,  $V_{CC} = 5V$ ,  $T_A = 25^\circ C$ )

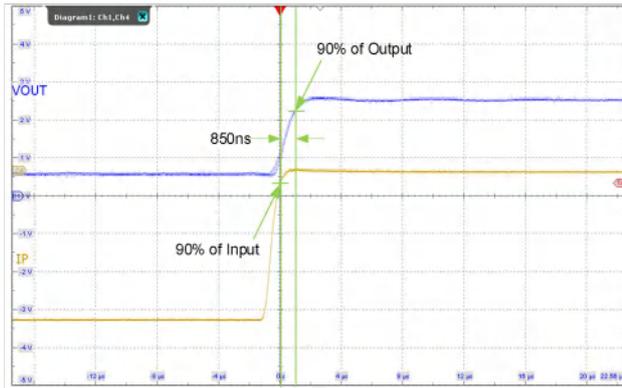
参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>电气特性</b>						
电源电压	$V_{CC}$		4.5	5.0	5.5	V
静态电流	$I_{CC}$	$V_{OUT}$ 上无负载	-	18	23	mA
上电时间	$T_{PO}$	$C_{bypass}$ =悬空, $C_L=1nF$	-	75	-	us
欠压保护阈值电压	$V_{UVLOH}$	$V_{CC}$ 上升, 器件正常工作	-	4.1	-	V
	$V_{UVLOL}$	$V_{CC}$ 下降, 器件停止工作	-	3.6	-	V
欠压保护延迟时间	$t_{UVLOE}$	$C_{bypass}$ =悬空, $C_L=1nF$ , Sens=2mV/Gs, $V_{CC}$ 从 5V 跌落到 3V 的时间为 1.5us	-	62	-	us
	$t_{UVLOD}$	$C_{bypass}$ =悬空, $C_L=1nF$ , Sens=2mV/Gs, $V_{CC}$ 从 3V 恢复到 5V 的时间为 1.5us	-	13	-	us
POR 复位电压	$V_{PORH}$			2.7	-	V
	$V_{PORL}$			2.4	-	V
POR 复位时间	$t_{POR}$	$t_{POR}=t_{PO} - t_{UVLOD}$	-	62	-	us
VCC 箝位电压	$V_Z$		-	26	-	V
信号带宽	$BW_i$	小信号-3dB, $C_L=1nF$		240	-	kHz
斩波频率	$f_c$		1.2	1.4	1.6	MHz
<b>输出特性</b>						
上升时间	$t_r$	$V_{OUT}$ 上升沿 10%到 90%的时间		1.2		us
输出响应时间	$t_{RES}$	输入信号达到 90%开始计算, 输出信号达到 90%的时间 (输出以 2V 为步进, 输入上升时间为 1us)		1.2		us
钳位延迟	$t_{CLP}$	$C_L=1nF$ , B=800Gs->1200Gs, Sens=2mV/Gs		5		us
$V_{OUT}$ 输出源电流	$I_{OUT(SOURCE)}$	$V_{OUT}$ 对 GND 短路		5.5	6.5	mA
$V_{OUT}$ 输出灌电流	$I_{OUT(SINK)}$	$V_{OUT}$ 对 VCC 短路		35		mA
输出钳位电压	$V_{CLPH}$	$V_{CC}=5V$ , $R_L$ (下拉电阻)为 10k $\Omega$ 并接 GND	4.65	4.70	4.75	V
	$V_{CLPL}$	$V_{CC}=5V$ , $R_L$ (下拉电阻)为 10k $\Omega$ 并接 VCC	0.25	0.30	0.36	V
断线电压	$V_{BPKH}$	$R_L$ 为 10k $\Omega$ 接到 VCC	$V_{CC} - 0.1$	$V_{CC}$		V
	$V_{BPKL}$	$R_L$ 为 10k $\Omega$ 接到 0V	-	60	150	mV
输出噪声	$V_N$	$T_A = 25^\circ C$ , $C_L=1nF$ , Sens=1mV/Gs		12	20	mV <sub>p-p</sub>
		$T_A = 25^\circ C$ , $C_L=1nF$ , Sens=1mV/Gs		1.5		mV <sub>RMS</sub>
输出直流电阻	$R_{OUT}$		-	0.7	2	$\Omega$
输出负载电阻	$R_{LOUT}$		1	-	-	k $\Omega$
输出负载电容	$C_L$	$V_{OUT}$ to GND	-	1	6.8	nF

接上表:

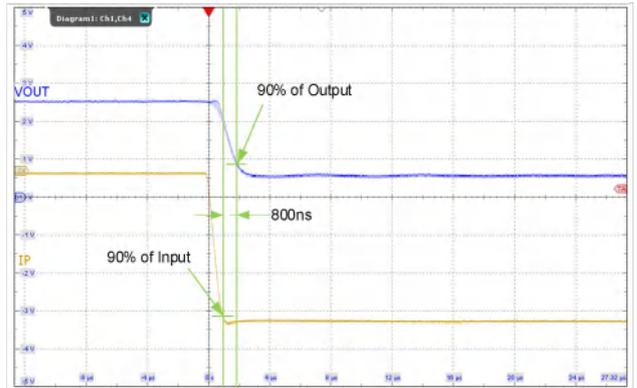
参数	符号	条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>静态电压输出 (V<sub>OUT(Q)</sub>) 特性</b>						
静态初始化输出电压	V <sub>OUT(Q)INIT</sub>		2.45	2.50	2.55	V
静态输出电压可编程范围	V <sub>OUT(Q)PR</sub>		2.36	-	2.64	V
静态输出电压可编程位数	BIT_VOQ		-	7	-	bit
典型的静态输出电压的可编程步长	Step <sub>VOUT(Q)</sub>		1.9	2.3	2.8	mV
静态输出电压可编程分辨率	Err <sub>PGVOUT(Q)</sub>		-	±0.5× Step <sub>VOUT(Q)</sub>		mV
<b>灵敏度可编程特性</b>						
灵敏度初始精度	S <sub>SENS_INIT</sub>		-	2	-	mV/Gs
灵敏度可编程范围	Sens <sub>SPR</sub>		0.4	-	3.6	mV/Gs
灵敏度细调位数	BIT_SENS		-	10	-	bit
典型的灵敏度细调可编程步长	STEP <sub>SENS</sub>		2.4	3.2	4.1	uV/Gs
灵敏度可编程分辨率	Err <sub>PGSENS</sub>		-	±0.5× Step <sub>Sens</sub>	-	uV/Gs
<b>灵敏度温度系数</b>						
灵敏度温漂	ΔSens <sub>TC</sub>	T <sub>A</sub> =25°C ~ 150°C	-1.0	-	1.0	%
		T <sub>A</sub> =-40°C ~ 25°C	-1.5	-	1.5	%
<b>静态电压输出温度系数</b>						
静态输出电压温漂	ΔV <sub>OUT(Q)TC</sub>	Sens=1mV/sS, T <sub>A</sub> =25°C ~ 150°C	-10	-	10	mV
		Sens=1mV/Gs, T <sub>A</sub> =-40°C ~ 25°C	-8	-	8	mV
<b>误差指数</b>						
线性度灵敏度误差	Lin <sub>ERR</sub>			±0.25		%
对称性灵敏度误差	Sym <sub>ERR</sub>			±0.25		%
静态输出电压比率误差	Rat <sub>ERRVOUT(Q)</sub>	V <sub>OUT(Q)</sub> =50%V <sub>CC</sub> , ΔV <sub>CC</sub> =10%V <sub>CC</sub>	-1	0	1	%
灵敏度比率误差	Rat <sub>ERRSens</sub>	ΔV <sub>CC</sub> =10%V <sub>CC</sub>	-1.5	±0.5	1.5	%
比率钳位误差	Rat <sub>ERRCLP</sub>	通过电源电压范围 (相对于 V <sub>CC</sub> =5V)	-	±1	-	%
灵敏度长期稳定性 <sup>[1]</sup>	ΔSENS <sub>LIFE</sub>	Sens=1mV/Gs, T <sub>A</sub> =25°C	-1.8	-0.5	0.8	%
静态输出电压长期稳定性 <sup>[1]</sup>	ΔQVO <sub>LIFE</sub>	Sens=1mV/Gs, T <sub>A</sub> =25°C	-3	0.5	4	mV

[1]: 长期稳定性参数表示在 AECQ100-Grade0 标准要求的 HTOL、PC、THB、BHAST、UHAST、TC 等可靠性实验前后, 芯片电参数变化量。

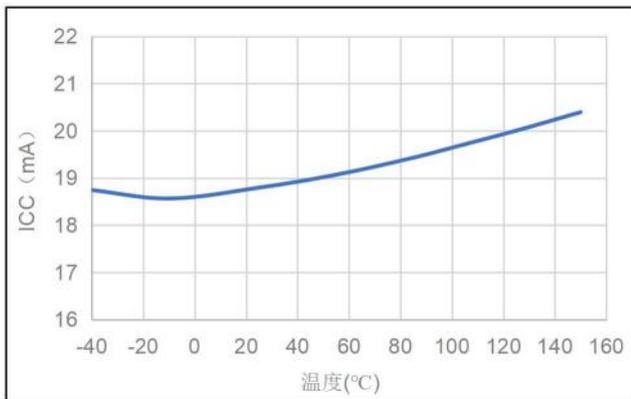
曲线波形



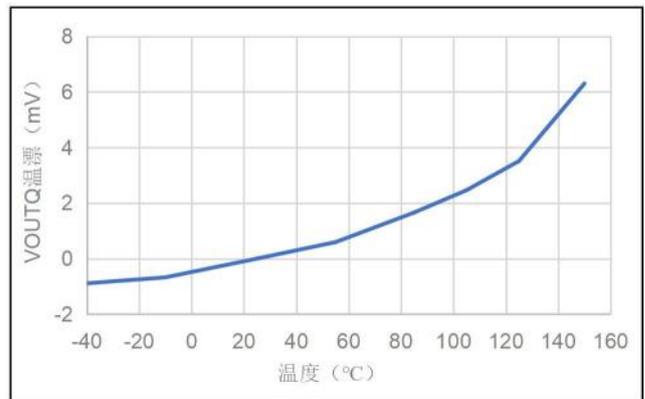
传输响应上升波形



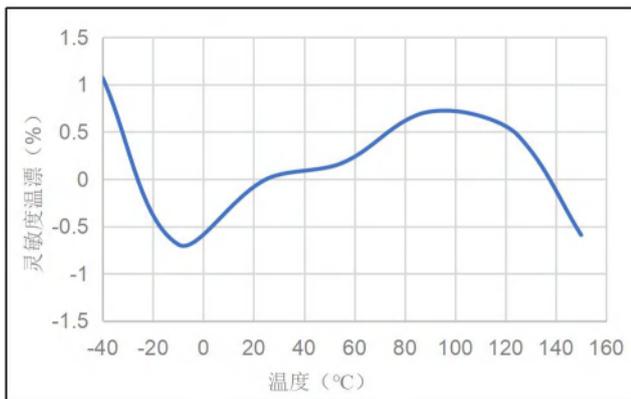
传输响应下降波形



ICC 静态功耗 vs 温度



VOUTQ 温漂 vs 温度

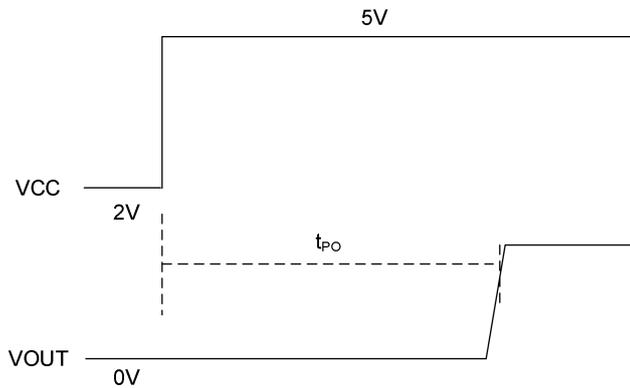


灵敏度温漂 vs 温度

## 参数定义

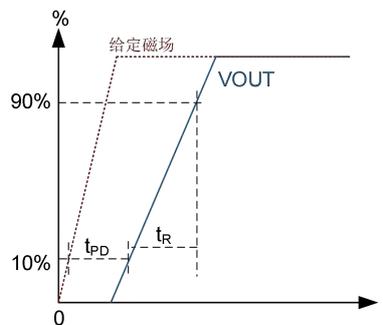
### 启动时间 ( $t_{PO}$ )

启动时间定义为:  $V_{CC}$  从 2V 跳变到 5V (跳变时间 $<1\mu s$ ), 到输出电压  $V_{OUT}$  建立至 90%的延迟时间。



### 输出延迟时间 ( $t_{PD}$ )

输出延迟时间定义为: 当给定一个阶跃磁场激励时, 在磁场上升到 10%开始计算, 输出电压到达 10%的上升时间。

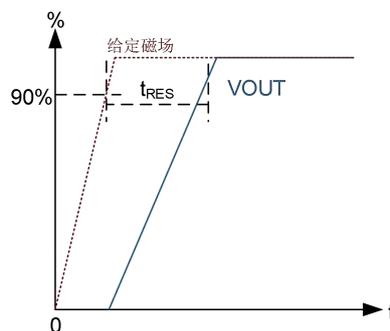


### 输出上升时间 ( $t_R$ )

输出上升时间定义为: 当给定一个磁场激励时, 输出电压从 10%到 90%的上升时间。

### 输出响应时间 ( $t_{RES}$ )

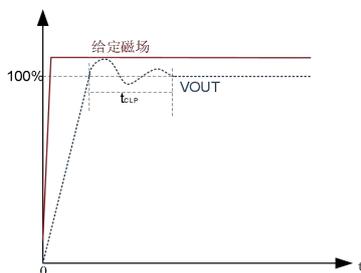
输出响应时间定义为: 当给定一个磁场激励时, 在磁场上升到 90%开始计算, 输出电压到达 90%的上升时间。



## 最大输出响应时间 (t<sub>CLP</sub>)

当磁场激励足够大时，输出电压会过冲到一定电压，经过一段振铃时间后才能稳定到输出钳位电压 V<sub>CLP</sub>。

最大输出响应时间定义为：输出电压从振铃开始到正常电压的 ±1% 误差范围内的时间。



## 输出钳位电压 (V<sub>CLP</sub>)

输出钳位电压定义为：当外部磁场强度超出量程范围后，根据外部磁场方向，V<sub>OUT</sub> 输出电压被钳位到一个固定电压值 V<sub>CLPH</sub> 或 V<sub>CLPL</sub>。

## 断线电压 (V<sub>BK</sub>)

断线电压定义为：当芯片 GND 引脚从 0V 断开时，V<sub>OUT</sub> 输出电压会下降到 V<sub>BKL</sub> (10kΩ 负载电阻接 0V) 或者上升到 V<sub>BKH</sub> (10kΩ 负载电阻接 VCC)。

## 静态输出电压可编程范围 (V<sub>OUTQPR</sub>)

静态输出电压的可编程范围是控制在 V<sub>OUTQPR\_MIN</sub> 和 V<sub>OUTQPR\_MAX</sub> 之间，在整个工作温度及工作电压范围内，可以保证输出特性都在定制区间内。

## 静态输出电压可编程步长 (SP<sub>VOUT</sub>)

静态输出电压可编程步长的计算公式：

$$SP_{VOUT} = \frac{V_{OUTQ\_maxcode} - V_{OUTQ\_mincode}}{2^n - 1}$$

其中 n 为静态输出电压可编程位数 BIT<sub>VOQ</sub>。

## 静态输出电压可编程步长精度 (Err<sub>VOUT</sub>)

静态输出电压可编程步长精度一般为编程步长值的一半。

$$Err_{VOUT} = 0.5 \times SP_{VOUT}$$

## 静态输出电压温漂系数 (ΔV<sub>OUTQTC</sub>)

静态输出电压温漂采用实际测量的 TA 常温下的电压值与特定温度 T 下的测量电压值来计算。

$$\Delta V_{OUTQTC} = V_{OUTQ\_TA} - V_{OUTQ\_T}$$

## 磁灵敏度 (S<sub>SENS</sub>)

磁灵敏度定义为：输出电压处于 0.5V~4.5V 之间，输出电压变化量和磁场变化量的比值。

$$S_{SENS} = \frac{V_{OUTB2} - V_{OUTB1}}{B2 - B1}$$

## 磁灵敏度可编程范围 (SENS<sub>PR</sub>)

磁灵敏度可以在一定范围内调整。在整个工作温度及工作电压范围内，可以保证磁灵敏度输出特性都在定制区间内。

## 磁灵敏度可编程步长 (SP<sub>SENS</sub>)

磁灵敏度可编程步长的计算公式：

$$STEP_{SENS} = \frac{SENS_{max\ code} - SENS_{min\ code}}{2^n - 1}$$

其中 n 为灵敏度可编程位数 BIT<sub>SENS</sub>。

## 磁灵敏度温漂(ΔS<sub>SENSTC</sub>)

芯片的磁灵敏度会随着温度变化，因此其定义为

$$\Delta S_{SENSTC} = \frac{SENS_{T2} - SENS_{T1}}{SENS_{T1}} \times 100\%$$

其中 T1 和 T2 分别代表 25°C 和另外一个环境温度，在这两个温度下测试的磁灵敏度可以得到磁灵敏度的温漂性能。

## 线性度误差(Lin<sub>ERR</sub>)

输出要求与磁场强度呈线性关系，线性度误差定义为：

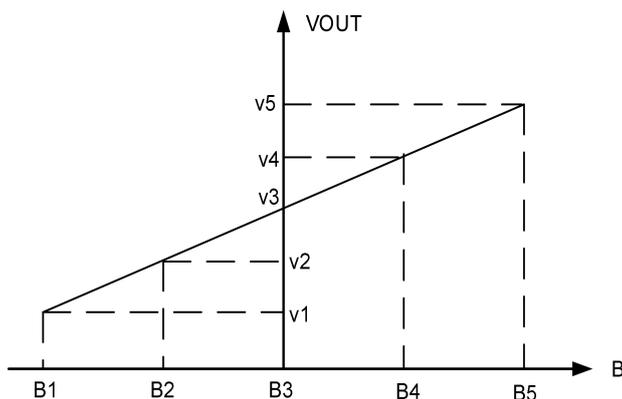
$$Lin_{ERR} = \frac{|\Delta L_{max}|}{Y_{FS}} \times 100\%$$

ΔL<sub>max</sub> 为实际特性曲线与拟合直线之间的最大偏差值的绝对值。Y<sub>FS</sub> 为 2V，即正向满量程电压。

最小二乘法拟合直线公式 y=a+bx，可从 5 个实测数据点计算得出。

$$b, \text{ 拟合直线斜率} = \frac{5 \sum B_i V_i - \sum B_i * \sum V_i}{5 \sum B_i^2 - (\sum B_i)^2}$$

$$a, \text{ 拟合直线截距} = \frac{\sum B_i^2 * \sum V_i - \sum B_i * \sum B_i V_i}{5 \sum B_i^2 - (\sum B_i)^2}$$



芯片量程磁场为  $B_{max}$ ， $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ 、 $B_4$ 、 $B_5$  分别取  $-B_{max}$ 、 $-B_{max}/2$ 、 $0$ 、 $B_{max}/2$ 、 $B_{max}$ ； $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ 、 $V_4$ 、 $V_5$  分别对应外加  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ 、 $B_4$ 、 $B_5$  磁场时的输出电压。

### 对称性误差(Sym<sub>ERR</sub>)

芯片的理想磁灵敏度应该是对磁场南北极的感应呈对称状态。在相同数值的磁场强度情况下，磁灵敏度的数值也会相同，只是方向相反。因此在实际测试中，对称性误差定义为：

$$\text{Sym}_{ERR} = \left( 1 - \frac{\text{SENS}_{BPOS}}{\text{SENS}_{BNEG}} \right) \times 100\%$$

### 比率误差(Rat<sub>ERR</sub>)

芯片具有比率输出的特性，也就是说静态输出电压( $V_{OUTQ}$ )、磁灵敏度( $\text{SENS}$ )、输出箝位电压( $V_{CLPH}/V_{CLPL}$ )这四个参数都和电源电压  $V_{CC}$  成比例关系，也就是说当电源电压  $V_{CC}$  增加或减少到某个百分比，这些参数也等比例增加或减少同等百分比。这些比率误差参数是比较待测电压下的参数与 5V 电源电压下的参数的差值。以下是这些参数的定义公式：

$$\text{Rat}_{ERRVOUTQ} = \left( 1 - \frac{V_{OUTQ(VCC)} / V_{OUTQ(5V)}}{VCC/5} \right) \times 100\%$$

$$\text{Rat}_{ERRSENS} = \left( 1 - \frac{\text{SENS}_{(VCC)} / \text{SENS}_{(5V)}}{VCC/5} \right) \times 100\%$$

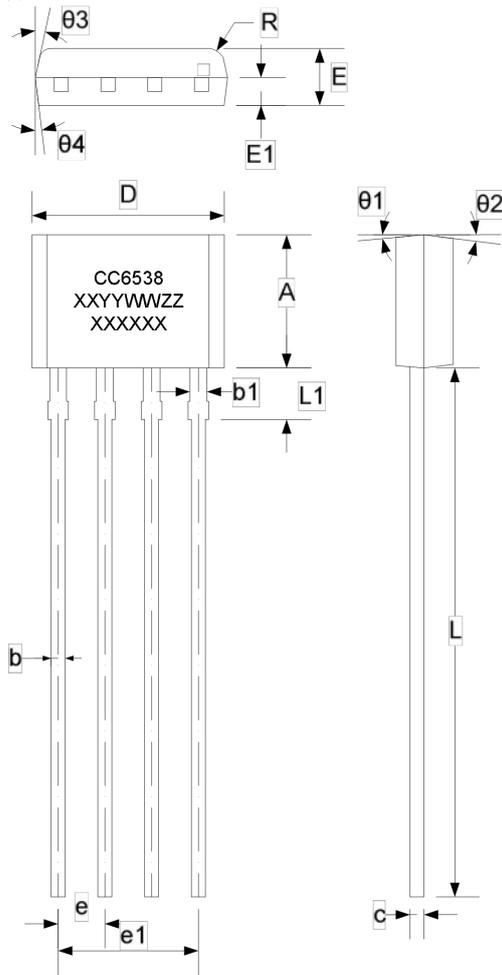
$$\text{Rat}_{ERRCLP} = \left( 1 - \frac{V_{CLP(VCC)} / V_{CLP(5V)}}{VCC/5} \right) \times 100\%$$

### 欠压保护 (UVLO)

当  $V_{CC}$  上升到  $V_{UVLOH}$  时，输出在经过  $t_{UVLOD}$  的时间后才从 0 状态释放；当  $V_{CC}$  下降到  $V_{UVLOL}$  时，输出在经过  $t_{UVLOE}$  的时间后才被置为 0。

封装信息

TO-94 封装



符号	尺寸 (mm)		
	最小值	典型值	最大值
A	3.55	3.65	3.75
b	0.35	0.39	0.56
b1	-	0.46	-
c	0.36	0.38	0.51
D	5.12	5.22	5.32
E	1.46	1.56	1.66
E1	-	0.76	-
e	-	1.27	-
e1	-	3.81	-
L	13.5	14.5	15.5
L1	-	1.42	-
R	-	0.3	-
$\theta_1$	-	6°	-
$\theta_2$	-	4°	-
$\theta_3$	-	11°	-
$\theta_4$	-	6°	-

1.注意:

所有尺寸单位均为毫米。

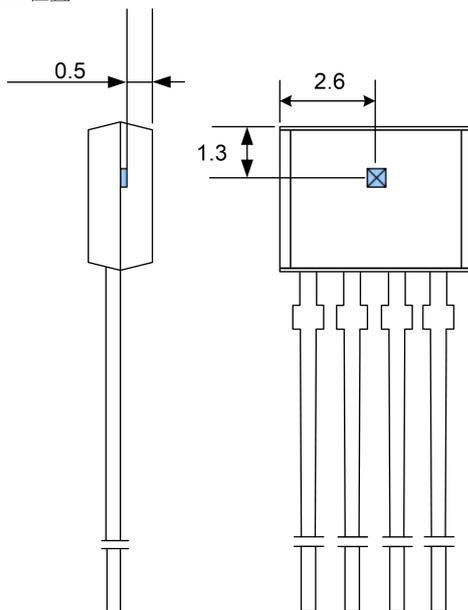
2.打标(芯片正面):

第一行:CC6538: 芯片简版料号名

第二行:XXYYWWZZ: 批次号

第三行:XXXXXX: 批次内的序列号

Hall Plate 位置



注意: 所有尺寸单位均是毫米。



版本更新

开放日期	更改摘要	版本
2024.08.08	规格书发布。	rev1.0

## 关于芯进

成都芯进电子有限公司(CrossChip Microsystems Inc.)成立于 2013 年，是一家国家高新技术企业，从事集成电路设计与销售。公司技术实力雄厚，拥有 60 余项各类专利，主要应用于霍尔传感器信号处理，拥有下列产品线：

- ✓ 高精度线性霍尔传感器
- ✓ 各类霍尔开关
- ✓ 单相电机驱动器
- ✓ 单芯片电流传感器
- ✓ AMR 磁阻传感器
- ✓ 隔离驱动类芯片

## 联系我们

### 成都

地址：四川省成都市高新西区天辰路 88 号 3 号楼 2 单元 4 楼

电话：+ 86 -028 - 87787685

邮箱：support@crosschipmicro.com

网址：https://www.crosschipmicro.com

### 深圳

地址：深圳市南山区粤海街道科技园路 18 号北科大厦 6 楼 605 室

### 上海

地址：上海市浦东新区盛荣路 88 号盛大天地源创谷 1 号楼 602 室

### 苏州

地址：江苏省苏州市虎丘区苏州高新区金山东路 78 号