

带REF/OCD的高精度低噪声电流传感器IC

1. 产品特性

- 灵敏度误差<1.5%
- 3.3V-5V供电电压，可选比例模拟输出
- 自检及多种功能诊断：
- OTP、OVP、OCD、短线检测等
- 固定非比例输出VREF，支持双向操作
- 24 Bit customer ID
- TO-94封装类型

2. 典型应用

- 逆变器电流检测
- 电机相位和轨电流检测
- 光伏逆变器
- 过流保护
- 不间断电源

3. 产品描述

SC4665是一种直插式可编程霍尔传感器，配合磁环用于开环精确电流检测或者位置检测。

SC4665的传输特性出厂会经过温漂调整，并在终端客户校准期间可编程（偏移、灵敏度、滤波、内部过流阈值）。具有高达400 kHz的带宽和快速响应时间，特别适用于高速应用环境，如逆变器和转换器，这些由于快速切换需要快速响应时间。输出钳位电平和芯片滤波作为应用需求也是可编程的。

该传感器设计用于恶劣工业应用，适用环境温度-40至125°C。供电电压通常为3.3V或5V。在TO-94封装中，SC4665具有REF或OCD功能。

SC4665 采用 TO-94 封装, 亚光镀锡, 采用无卤绿料, 满足环保要求。

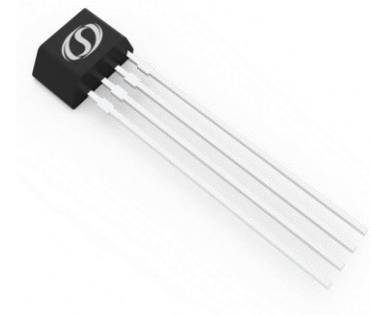


图1. TO-94封装示意图

目录

1. 产品特性.....	1	9.2. 磁特性.....	7
2. 典型应用.....	1	9.3. REF 参数 (SIP4 with REF)	8
3. 产品描述.....	1	10. 功能框图.....	9
4. 引脚定义.....	3	11. 功能描述.....	9
5. 订购信息.....	4	12. 典型应用.....	12
6. 极限参数.....	5	13. 封装信息 “TO-94(VB)”	13
7. 静电保护.....	5	14. 历史版本.....	14
8. 热特性	5		
9. 工作参数.....	6		
9.1 电参数.....	6		

4. 引脚定义

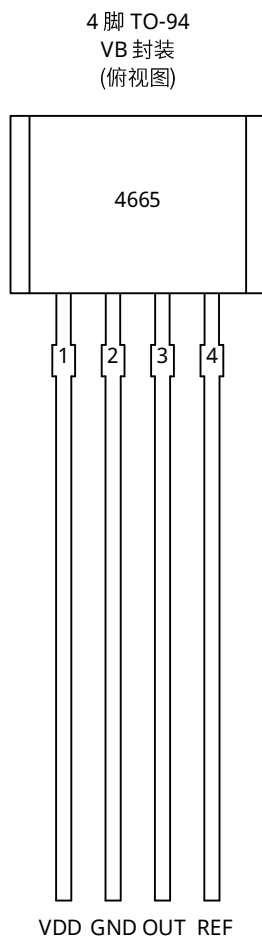


图 2. 引脚描述

名称	TO-94	
	序号	描述
VDD	1	电源
GND	2	地
OUT	3	模拟输出端
REF	4	参考信号输出

5. 订购信息

产品名称	灵敏度(mV/Gs) ⁽¹⁾	工作温度(°C)	功能 ⁽²⁾	封装形式	包装形式	数量
SC4665VB-A ⁽³⁾	0.4~2mV/Gs	-40-125	Vref	TO-94	散包	500 颗/袋
SC4665VB-B	2~5mV/Gs	-40-125	Vref	TO-94	散包	500 颗/袋
SC4665VB-C	5~10mV/Gs	-40-125	Vref	TO-94	散包	500 颗/袋

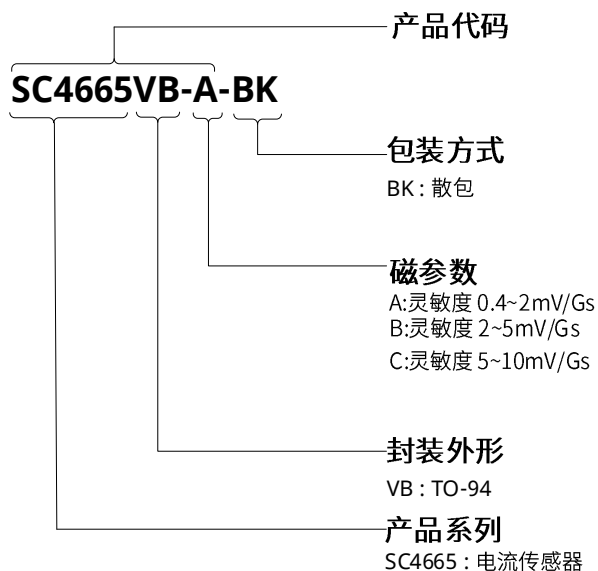
备注:

(1) 此灵敏度数据均为 5V 应用条件下

(2) 若有 OCD 过流检测功能应用需求, 请联系赛卓工程师提供支持

(3) 标示不同的灵敏度

订购信息格式说明



6. 极限参数

符号	参数	测试条件	最小值	最大值	单位
V_{DD_abs}	电源正向耐压		-	6	V
V_{DDR_abs}	电源反向耐压		-0.2	0	V
V_{OUT_abs}	输出正向耐压		-	$V_{DD}+0.2$	V
V_{OUTR_abs}	输出反向耐压	$V_{DD}=0$ to $-1.0V$	-0.3	-	V
T_A	工作温度范围		-40	125	°C
T_{STG}	存储温度范围		-55	165	°C
$T_{J(max)}$	最大结温温度		-	165	°C
Endurance	可编程次数		100		cycles

备注:

以上列出的应力可能会对器件造成永久性的损害，长时间暴露在绝对最大额定值条件下可能会影响器件的可靠性。

7. 静电保护

符号	参数	最小值	最大值	单位
V_{ESD}	人体失效模型，参考 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准 (HBM) ⁽¹⁾	-8	+8	kV
	充放电失效模型，参考 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 标准 (CDM) ⁽²⁾	-750	+750	V

备注:

(1) JEDEC 文件 JEP155 指出，4000V HBM 允许使用标准 ESD 控制过程进行安全制造。

(2) JEDEC 文件 JEP157 指出，750V CDM 允许使用标准 ESD 控制过程进行安全制造。

8. 热特性

符号	参数	测试条件	值 ⁽¹⁾	单位
$R_{\theta JA}$	TO-94 封装形式热阻	JEDEC 2s2p 和 1s0p 分别在 JESD 51-7 和 JESD 51-3 中定义	177	°C/W

备注:

(1) 最大工作电压必须满足功耗和结温的要求，参照热特性

9. 工作参数

9.1 电参数

(工作电压范围 2.5V to 5.5V, 环境温度-40°C to 105°C, 另有说明除外)

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{DD}	供电电压	仅 5V 产品	4.5	5	5.5	V
I_{DD}	供电电流	在 V_{OUT} 或 V_{REF} 上无负载; $V_{CC} = 5V$	-	9	-	mA
C_{BYPASS}	电源旁路电容	推荐 V_{CC} 到 GND	-	0.1	-	μF
R_{VREF}	Ref 负载电阻	V_{REF} 到 GND, V_{REF} 到 V_{CC}	1	-	-	k Ω
C_{VREF}	Ref 负载电容	V_{REF} 到 GND	-	-	6	nF
T_{po}	上电延时	$V_{DD}=0$ 到 5V, $V_{CC}=90\%$ 到 $V_{OUT}=90\%$ 时间	-	77	-	μs
$V_{POR(H)}$	上电复位电压	$V_{DD}=0$ to 5.5	-	2.9	-	V
$V_{POR(L)}$		$V_{DD}=5.5$ to 0	-	2.6	-	V
U_{VLOH}	欠压保护	$V_{DD}=0$ to 5.5V	-	4.1	4.3	V
U_{VL0L}		$V_{DD}=5$ to 0V	-	3.25	-	V
V_{OVPH}	过压保护(OVP) 阈值	V_{DD} rising	-	6.4	-	V
V_{OVPH}		V_{DD} rising	-	5.9	-	V
$t_{dOVD(E)}$	OVP 延迟时间	时间从 V_{CC} 上升至 $\geq V_{OVPH}$ (EN) 到 OVP 生效	-	54	-	μs
$t_{dOVD(D)}$		时间从 V_{CC} 下降至 $\leq V_{OVPH}$ (DIS) 到 OVP 清除	-	7.6	-	μs
T_{RES}	响应时间	C_{Load} , Sen, EE_{Noise} , EE_{BW} , All Temp	-	1	-	μs
T_r	上升时间	$T_A = 25^\circ C$, $CL = 1nF$, 10%-90% of 1V	-	-	3	μs
I_{OUT}	V_{OUT} 负载电流	$V_{DD}=4.5\text{--}5.5$, $V_{OUT}=0.5\text{--}4.5$, $I_{load}=-10\text{--}10mA$	-	9	-	mA
I_{LEAK}	输出漏电流	高阻抗模式	-	6	20	μA
R_{LoadL}	V_{OUT} 负载电阻	V_{OUT} to GND, $RL=10k$ to $1k$, $B=+B_{MAX}$	1	-	-	k Ω
R_{LoadH}		V_{OUT} to VCC, $RL=10k$ to $1k$, $B=-B_{MAX}$	1	-	-	k Ω
Clamp_lo	钳位输出电压 (EE_Clamp level=0)	$B=-B_{MAX}$, $RL=5k$ to VDD $EE_CL=enable$	-	5	-	% V_{DD}
Clamp_hi		$B=+B_{MAX}$, $RL=5k$ to GND $EE_CL=enable$	-	95	-	% V_{DD}
Clamp_lo	钳位输出电压 (EE_Clamp level=1)	$B=-B_{MAX}$, $RL=5k$ to VDD $EE_CL=enable$	-	7.5	-	% V_{DD}
Clamp_hi		$B=+B_{MAX}$, $RL=5k$ to GND $EE_CL=enable$	-	92.5	-	% V_{DD}
$V_{SAT(H)}$	饱和电压	$B=-B_{MAX}$, $RL=5k$ to V_{DD} $EE_CL=enable$	-	0.5	-	% V_{DD}
$V_{SAT(L)}$		$B=+B_{MAX}$, $RL=5k$ to GND $EE_CL=enable$	-	99	-	% V_{DD}
V_{OOR}	输出工作范围	5V 供电	0.5	-	4.5	V
S_R	输出斜率	Sen, CL	0.8	-	-	V/ μs
N_{p-p}	V_{OUT} 噪声	C_{Load} , Sen, T_A , EE_{Noise} , EE_{BW}	-	40	-	mVp-p
NRMS		C_{Load} , Sen, T_A , EE_{Noise} , EE_{BW}	-	5	-	mVRMS
Fc	斩波频率	-	-	2	-	MHz
BW	内部带宽	Signal -3dB, $CL=1nF$	120	400		KHz

9.2. 磁特性

(工作电压 3.3V, 环境温度 25°C, 另有说明除外)

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
VQT	VQ 粗调档	EE=0, B=0, Sen=-Smax---Smax	-	50	-	%V _{DD}
		EE=1, B=0, Sen=-Smax---Smax	-	10	-	%V _{DD}
		EE=2, B=0, Sen=-Smax---Smax	-	0.5	-	V
		EE=3, B=0, Sen=-Smax---Smax	-	0.33	-	V
		EE=4, B=0, Sen=-Smax---Smax	-	1.35	-	V
		EE=5, B=0, Sen=-Smax---Smax	-	1.5	-	V
		EE=6, B=0, Sen=-Smax---Smax	-	1.65	-	V
		EE=7, B=0, Sen=-Smax---Smax	-	2.5	-	V
VQ _{PR}	VQ 细调范围	B=0, Sen=Smax, EE=+-max	2.3	-	2.7	V
VQ _{Bits}	VQ 细调位	guaranteed by design	-	10	-	bit
VQ _{Step}	VQ 细调步进	Scan the EE for VQ	-	0.39	0.5	mV
VQ _{Acc}	VQ 调节误差	B=0, Sen=Smax, EE=+-max	-0.5	0	0.5	mV
VQ _{Temp}	VQ 温漂	T _A =-40--125°C	-1	0	1	Gs
ACC _{VQ}	VQ 总误差	T _A =-40--125°C	-15	0	15	mV
VOUT _{LIN}	线性输出范围	-	10	-	90	%
B _{RG}	感应磁场强度范围	-	±450	-	±4500	Gs
M _{sen}	灵敏度随 V _{DD} 变化比	V _{DD} =4.5--5.5V	-	-	-	%
SRG	灵敏度范围	Guaranteed by design	0.4	-	10	mV/Gs
S _{Step}	灵敏度调节步进	Scan the EE for Sen	-	0.1	-	%
S _{Acc}	灵敏度调节误差	Sen=Smax, EE=+-max	-1	0	1	%
S _{Temp}	灵敏度温漂	T _A =-40--125°C	-2.5	0	2.5	%
L _N	非线性误差	-	-0.5	0	0.5	%
PSRR	电源抑制比	0-1kHz, 100mV pk-pk ripple on V _{CC} B=0	-	40	-	dB
		1k-100kHz, 100mV pk-pk ripple on V _{CC} B=0	-	25	-	dB

备注:

1Gs = 0.1mT

9.3. REF 参数 (SIP4 with REF)

(工作电压 3.3V, 环境温度 25°C, 另有说明除外)

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
VREF	VREF 粗调档	EE=0, B=0, Sen=-Smax--+Smax	-	50	-	%V _{DD}
		EE=1, B=0, Sen=-Smax--+Smax	-	10	-	%V _{DD}
		EE=2, B=0, Sen=-Smax--+Smax	-	0.5	-	V
		EE=3, B=0, Sen=-Smax--+Smax	-	0.33	-	V
		EE=4, B=0, Sen=-Smax--+Smax	-	1.35	-	V
		EE=5, B=0, Sen=-Smax--+Smax	-	1.5	-	V
		EE=6, B=0, Sen=-Smax--+Smax	-	1.65	-	V
		EE=7, B=0, Sen=-Smax--+Smax	-	2.5	-	V
VREF _{PR}	VREF 细调范围	EE=0, B=0, Sen=Smax, EE=+-max	2.4	-	2.6	V
VREF _{Bits}	VREF 细调位	Guaranteed by design	-	9	-	bit
VREF _{Step}	VREF 细调步进	Scan the EE for VREF	-	0.39	0.5	mV
VREF _{Acc}	VREF 调节误差	B=0, Sen=Smax, EE=+-max	-0.5	0	0.5	mV
ACC _{VREF}	VREF 总误差	T _A =-40--125°C	-5	0	5	mV

10. 功能框图

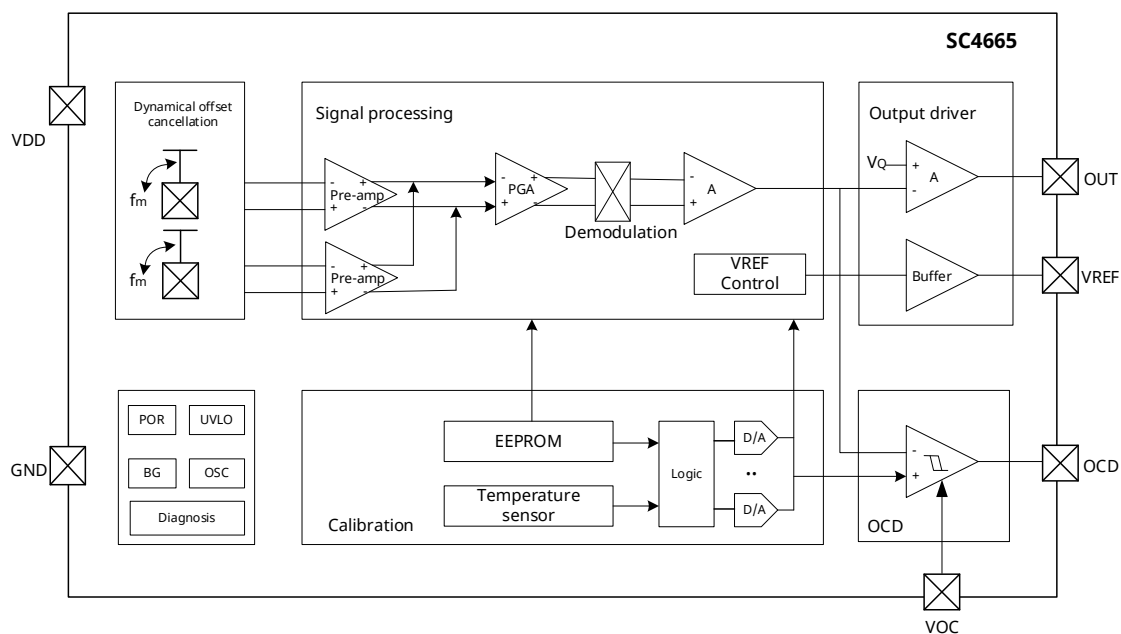


图 3. 功能框图概览

11. 功能描述

灵敏度(S)

$$Sens = [VOUT(B1) - VOUT(B2)] / (B1 - B2)$$

当垂直于芯片丝印侧的南极磁场接近时，输出电压成比例增加，直到达到电源电压。相反，当垂直于芯片丝印侧的北极磁场接近时，输出电压成比例降低，直到达到地电平。灵敏度定义为输出电压变化和磁场变化的具体数值，一般以 mV/Gs 或 mV/mT 为单位。

上电时间(T_{PO}):

上电时间(Power on time, TPO)定义为电源达到最小规定工作电压(VCC(min))后，在外加磁场作用下，输出电压稳定稳态值±10%范围内所需的时间，如图 4 所示。

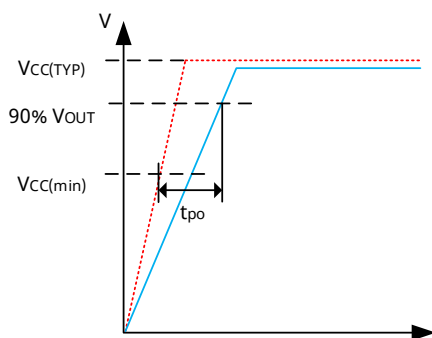


图 4. 上电时间定义

响应时间 (T_{RESPONSE}):

当外加磁场达到其最终值的 80% 时，与传感器达到与外加磁场相对应的输出的 80% 时之间的时间间隔（见图 5）。

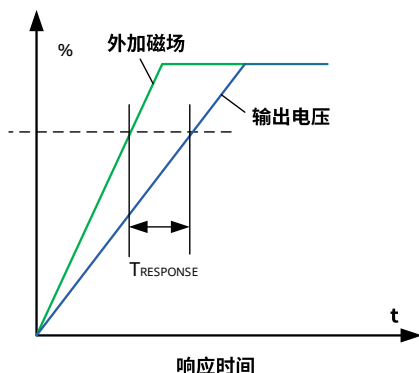


图 5. 输出延迟时间定义

参考端输出电压 (V_{REF}):

当 SC4665 额外提供一个与电源无关的恒定输出信号。即 $V_{\text{CC}}=4.5\sim 5.5\text{V}$ ， $V_{\text{REF}}=2.5\text{V}$ 。在出厂时，该参数已被校准，客户也可自行校准。结合 V_{OUT} 端，可以实现差分输出方式，客户也可以使用 V_{OUT} 单端输出方式。

参考段输出电压 (V_{OE}):

$V_{\text{OUT}}-V_{\text{REF}}$ 的实际值与理论值（理论值 $V_{\text{OUT}}-V_{\text{REF}}=0$ ）之间的误差。其中 V_{OUT} 与 V_{REF} 都不随电源的变动而变动。即无磁场情况下， $V_{\text{CC}}=4.5\sim 5.5\text{V}$ ， $V_{\text{OUT}}=V_{\text{REF}}=2.5\text{V}$ 。

响应时间 (T_{RESPONSE}):

当外加磁场达到其最终值的 80% 时，与传感器达到与外加磁场相对应的输出的 80% 时之间的时间间隔。

灵敏度编程范围 (Sens_{PR}):

磁灵敏度(Sens)可在灵敏度范围限制内围绕其初始值进行编程： Sens_{PR} （最小）和 Sens_{PR} （最大）。超出指定的灵敏度范围将导致灵敏度温度漂移 Sens_{TC} 变差，超出指定值。

温度范围内的灵敏度漂移 (Sens_{TC}):

温度系数效应会导致磁灵敏度 Sens 在工作环境温度范围(T_A)内偏离其预期值。温度范围内的灵敏度漂移($\Delta\text{Sens}_{\text{TC}}$) 定义为:

$$\Delta\text{Sens}_{\text{TC}} = \frac{\text{Sens}_{T_A} - \text{Sens}_{\text{EXPECTED}(T_A)}}{\text{Sens}_{\text{EXPECTED}(T_A)}} \times 100\%$$

灵敏度线性误差 (Lin_{ERR}):

SC4665 设计用于对外加磁场提供线性输出。考虑两个磁场 B1 和 B2。理想情况下, 在给定电源电压和温度条件下, 器件对两个磁场的灵敏度是相同的。如果在 B1 和 B2 处测得的灵敏度不同, 则会出现线性误差。

分别计算正磁场(Lin_{ERRPOS})和负磁场(Lin_{ERRNEG})的线性误差。线性误差(%)的测量值定义为:

$$Lin_{ERRPOS} = (1 - \frac{Sens_{BPOS2}}{Sens_{BPOS1}}) \times 100\%$$

$$Lin_{ERRNEG} = (1 - \frac{Sens_{BNEG2}}{Sens_{BNEG1}}) \times 100\%$$

其中:

$$Sens_{B_x} = \frac{|V_{OUT(B_x)} - V_{OUT(Q)}|}{B_x}$$

BPOSx 和 BNEGx 分别为正磁场和负磁场, 相对于静态电压输出, $|BPOS2| = 2 \times |BPOS1|$, $|BNEG2| = 2 \times |BNEG1|$ 。

因此:

$$Lin_{ERR} = \max(Lin_{ERRPOS}, Lin_{ERRNEG})$$

对称灵敏度误差 (Sym_{ERR}):

SC4665 灵敏度在两个磁场强度相等、极性相反的情况下保持不变。对称误差 Sym_{ERR}(%)的测量和定义如下:

$$Sym_{ERR} = (1 - \frac{Sens_{BPOS}}{Sens_{BNEG}}) \times 100\% \quad (7)$$

其中, SensBx 如公式 12 所定义, BPOSx 和 BNEGx 分别为正磁场和负磁场, 即 $|BPOSx| = |BNEGx|$ 。

比率误差 (Rat_{ERR}):

SC4665 具有比率输出功能。这意味着静态电压输出 ($V_{OUT(Q)}$) 磁灵敏度、Sens 和输出电压钳位 ($V_{CLP(HIGH)}$ 和 $V_{CLP(LOW)}$) 与电源电压 (VCC) 成正比。换句话说, 当电源电压增加或减少一定百分比时, 每个特性也会以相同的百分比增加或减少。误差是测量到的电源电压相对于 5V 的变化与测量到的各特性变化之间的差值。

给定电源电压(VCC)时, 静态电压输出的比率误差 Rat_{ERRVOUT(Q)}(%)定义为:

$$Rat_{ERRVOUT(Q)} = (1 - \frac{V_{OUT(Q)(VCC)}/V_{OUT(Q)(5V)}}{V_{CC}/5V}) \times 100\% \quad (8)$$

给定电源电压(VCC)时, 磁灵敏度的比率误差 Rat_{ERRSens}(%)定义为:

$$Rat_{ERRSens} = (1 - \frac{Sens(VCC)/Sens(5V)}{V_{CC}/5V}) \times 100\% \quad (9)$$

给定电源电压(VCC)时钳位电压的比率误差 Rat_{ERRCLP}(%)定义为:

$$Rat_{ERRCLP} = (1 - \frac{V_{CLP(VCC)}/V_{CLP(5V)}}{V_{CC}/5V}) \times 100\% \quad (10)$$

其中 V_{CLP} 为 V_{CLPH} 或 V_{CLPL}

12. 典型应用

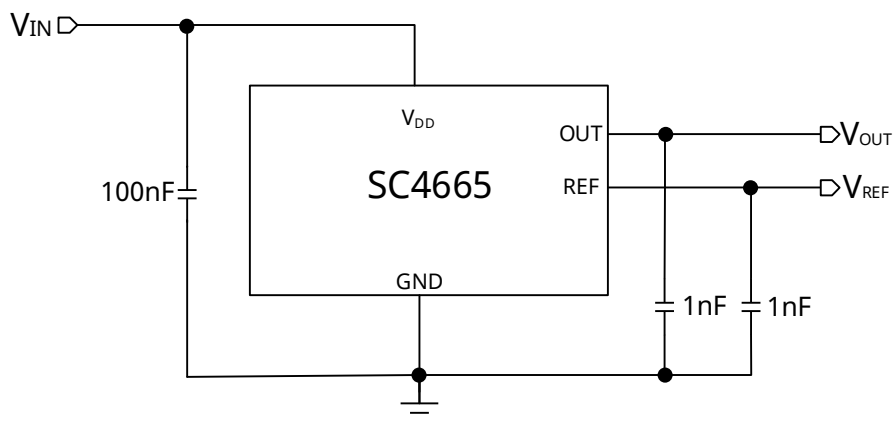
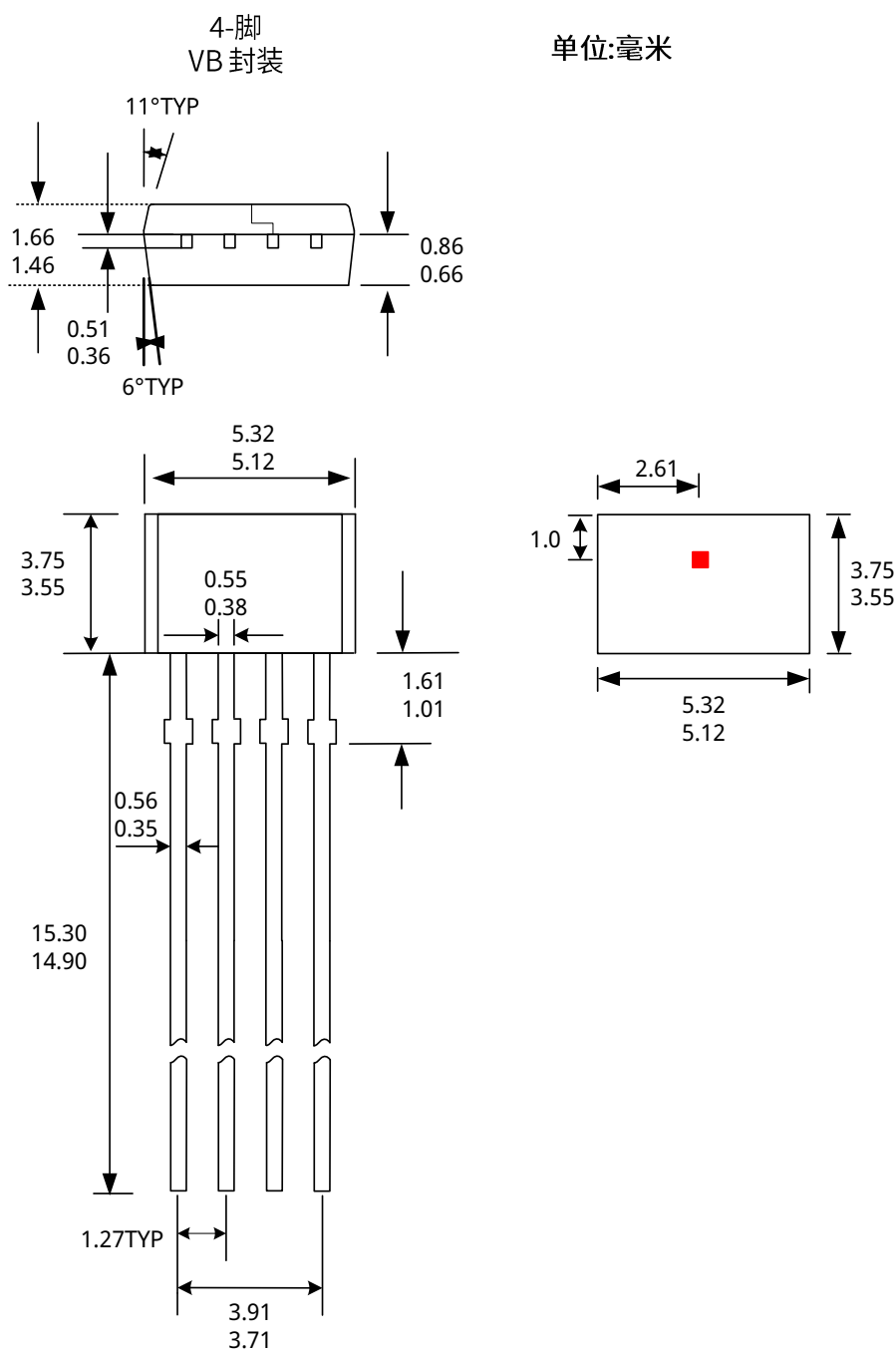


图 6. 典型应用线路图

13. 封装信息 “TO-94(VB)”



注:

1. 供应商可选的实际本体和管脚形状尺寸位于图示范围内。
2. 高度不包括模具浇口溢料。
- 如果未指定公差，则尺寸为公称尺寸。
3. 红色部件为霍尔板

14. 历史版本

版本	日期	描述
Rev.E0.1	2022-07-10	初始规格书
Rev.A1.0	2025-02-06	正式版发布