

**飞仙智能**  
Flying Fairy Intelligent

# FI6710 可编程线性霍尔效应传感器芯片

Rev. 1.3

2022-09-26

## 目录

0. 名词定义和缩略语说明.....	5
1. FI6710 简介.....	6
1.1. 特性和优势.....	6
1.2. 典型应用.....	6
2. 功能概述.....	7
3. 引脚定义和引脚说明.....	8
3.1. SOIC-8 封装的引脚定义和引脚说明.....	8
3.2. TO92 封装引脚定义和引脚说明.....	8
4. 应用参考设计.....	10
4.1. SOIC-8 封装的应用.....	10
4.2. TO92 封装的应用.....	10
5. FI6710 传感器芯片的编程.....	12
5.1. 编程器的连接.....	12
5.2. 可编程参数信息.....	12
5.2.1. EEPROM 可编程信息.....	12
5.2.2. FFI 可编程参数.....	13
5.2.3. 后端用户可编程参数.....	13
5.2.4. 可追溯信息.....	15
6. 技术规格.....	16
6.1. 绝对最大额定值.....	16
6.2. 一般性电气规格.....	16
6.3. 时序规格.....	17
6.4. 转换特性规格.....	18
6.5. 精度规格.....	18
6.6. 诊断规格.....	19
6.7. 启动, 欠压, 过压及复位规格.....	19
6.8. EMC/ESD 规格.....	20
7. 功能描述.....	21
7.1. 灵敏度温漂补偿.....	21
7.1.1. 简介.....	21
7.1.2. 线性补偿 (一阶).....	21

7.1.3.	二次非线性补偿（二阶）.....	21
<b>8.</b>	<b>封装.....</b>	<b>23</b>
8.1.	SOIC-8 封装.....	23
8.1.1.	SOIC-8 封装示意图及标识.....	23
8.1.2.	SOIC-8 封装尺寸.....	23
8.1.3.	SOIC-8 封装磁场感应点位置.....	24
8.2.	TO92 封装.....	24
8.2.1.	TO92 封装示意图及标识.....	24
8.2.2.	TO92 封装尺寸.....	24
8.2.3.	TO92 封装磁场感应点位置.....	25
<b>9.</b>	<b>订货信息.....</b>	<b>26</b>
<b>10.</b>	<b>ESD 预防.....</b>	<b>27</b>

## 表格

表格 3-1 SOIC-8 封装引脚说明列表.....	8
表格 3-2 TO92 封装引脚说明列表.....	9
表格 4-1 SOIC-8 封装参考应用的元器件列表.....	10
表格 4-2 TO92 封装参考应用的元器件列表.....	11
表格 5-1 FI6710 FFI 可编程参数.....	13
表格 5-2 后端用户可编程参数.....	13
表格 5-3 IIR 滤波器的截止频率.....	15
表格 5-4 EE_USR_ID 定义.....	15
表格 5-5 EE_FFI_IDx 定义.....	15
表格 6-1 绝对最大额定值.....	16
表格 6-2 一般性电气规格.....	16
表格 6-3 时序规格.....	17
表格 6-4 转换特性规格.....	18
表格 6-5 精度规格.....	18
表格 6-6 诊断规格.....	19
表格 6-7 EMC/ESD 规格.....	20
表格 9-1 FI6710 可订货信息.....	26

## 图

图 2-1 FI6710 框图.....	7
图 3-1 SOIC-8 封装引脚定义.....	8
图 3-2 TO92 封装引脚定义.....	8
图 4-1 SOIC-8 封装的应用参考电路.....	10
图 4-2 TO92 封装的应用参考电路.....	11
图 5-1 编程器的参考连接电路（以 SOIC8 封装为例）.....	12
图 6-1 启动、运行、欠压和复位功能.....	20
图 7-1 基于 ROM 表的二阶温度补偿(仅用于说明目的).....	21
图 8-1 SOIC-8 封装示意图及标识.....	23
图 8-2 SOIC-8 封装尺寸.....	23

图 8-3 SOIC-8 封装的磁场感应点.....	24
图 8-4 TO92 封装示意图及标识.....	24
图 8-5 TO92 封装尺寸.....	25
图 8-6 TO92 封装磁场感应点.....	25

## 0. 名词定义和缩略语说明

IC	集成电路
POR	上电复位
EOL	产线终端
EMC	电磁兼容
ESD	静电放电
ADC	模拟数字转换器
DAC	数字模拟转换器
LSB	最低有效位
MSB	最高有效位
DNL	微分非线性误差
INL	积分非线性误差
NC	不连接
TC	温度补偿
HW	硬件
FW	固件
EEPROM	电可擦可编程只读存储器
ROM	只读存储器
IIR	递归滤波器
FPI	飞仙编程器
FPK	飞仙编程软件包
PGI	编程接口
PGM	编程模式
FI/FFI	飞仙智能

## 1. FI6710 简介

FI6710 是一款适用于汽车及非汽车应用的高性价比的单芯片可编程线性霍尔传感器芯片（IC），它提供与垂直于芯片表面的磁场强度成比例的模拟比例输出信号。

FI6710 单片集成电路上包含：霍尔感应元件、用于调整霍尔元件灵敏度和偏移温漂的高精度温度补偿电路、信号增益放大器、数模转换器、数字后处理电路、以及诊断监测电路。它采用了主动纠错电路（正交旋转电流和斩波稳定放大器），基本上可以消除与霍尔器件相关的偏移误差。

它还包含片上 EEPROM 技术，所有磁相应功能均可以完全编程，提供客户灵活的、无与伦比的可配置性和产品可追溯性，可以用于要求严苛的线性磁场传感器应用。客户可以通过 FFI 编程工具对芯片进行编程，实现包括偏移、灵敏度、钳位电平、磁铁温度漂移、数字 IIR 滤波等校准参数的编程。它还支持线性和二次磁铁温度补偿，使得它具有非常稳定的热补偿特性，能够在宽温度范围内保证灵敏度和输出静态电压  $V_{OQ}$ 。

搭配上适当的磁路设计，FI6710 可以用于进行小行程磁体移动位置的测量（线性位移、行程，小角度旋转角位置等）。

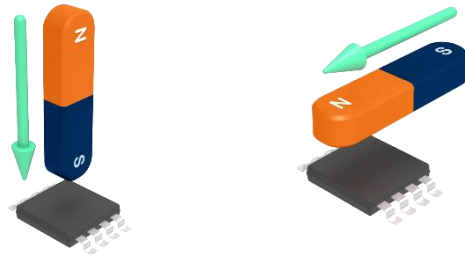
FI6710 提供多种封装形式，包括表面贴装型（SMD）的 SOIC-8 封装、以及 3 引脚的 TO92 直插式封装。

### 1.1. 特性和优势

- 模拟成比例输出
- 可调灵敏度
- 测量范围：±10mT 到 ±500mT
- 霍尔板正交旋转电流和斩波稳定放大器
- 数字 IIR 滤波
- 可编程输出静态电压
- 一阶和二阶磁铁温度补偿
- 反向电压保护、过压保护
- 丰富的诊断功能
- 22-bit 客户 ID 编号（44-bit FFI\_ID 可实现可追溯性）
- 封装：
  - 单片表面贴装 SOIC-8 封装
  - 直插式 TO92 封装

### 1.2. 典型应用

- 线性位置传感器
- 绝对小角度旋转位置传感器
- 接近传感器



## 2. 功能概述

FI6710 是一款 CMOS 单芯片线性霍尔效应传感器芯片，可对垂直于 IC 表面的磁场分量进行测量，并提供模拟比例输出信号。它的设计是为了满足在当前先进的线性 and 角度类测量应用的需求，可以通过可编程特性来对系统误差进行补偿。

如图 2-1 框图所示，垂直于芯片表面的磁场分量 ( $B_z$ ) 会被芯片前端检测到，对应的霍尔信号 ( $V_z$ ) 在霍尔片上产生并放大。

模拟信号处理是基于全差分模拟处理链，它使用了主动纠错电路（霍尔片两相位旋转和斩波放大器），基本上可消除通常与霍尔效应器件相关的偏移误差。模拟通路还集成了偏移、增益、温度偏移等的校准补偿。

处理后的模拟信号经过 ADC 转换为数字信号，进入到数字逻辑模块中做进一步的处理。感应极性调整、静态偏移温漂补偿、灵敏度温漂补偿、IIR 滤波、电平钳位等完成后，数字后端将它转换为线性输出曲线。

最后，计算出的位置信息（线性位置），通过 12 位的 DAC 得到与供电电压成比例的模拟信号并进行输出。

芯片内置非易失性 EEPROM 具有三倍冗余存储、可锁定的特点，为芯片校准参数提供了可靠的可编程特性。EEPROM 还提供 FFI 标识、用户标识，可以用于芯片、产品的追溯。

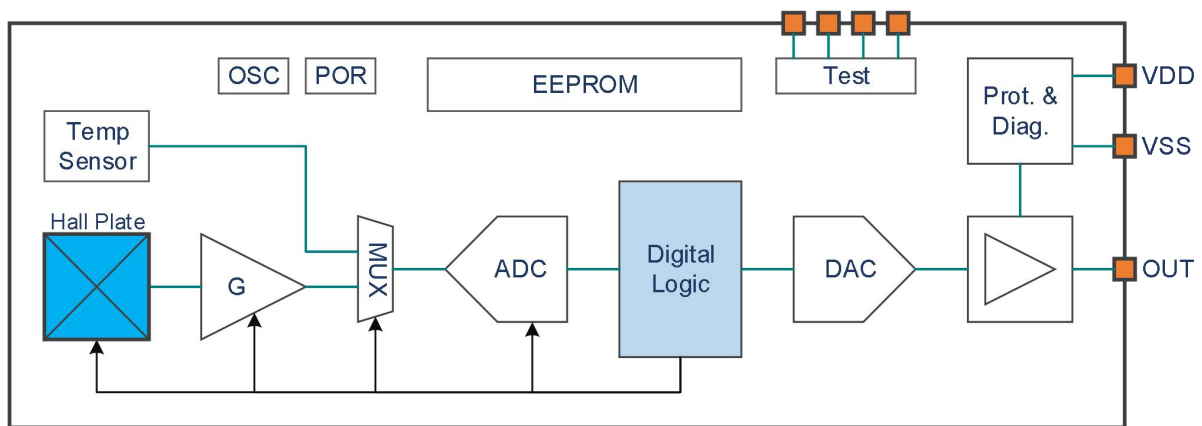


图 2-1 FI6710 框图

(Note: TO92 封装不带 Test 引脚)

### 3. 引脚定义和引脚说明

#### 3.1. SOIC-8 封装的引脚定义和引脚说明

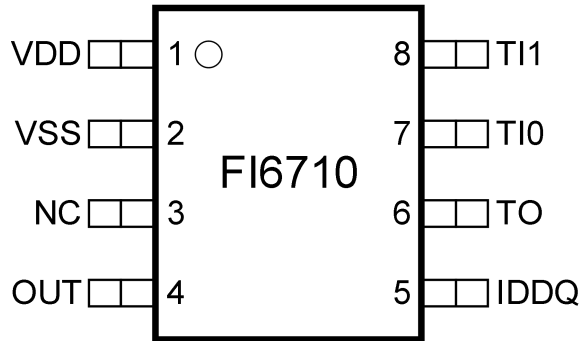


图 3-1 SOIC-8 封装引脚定义

表格 3-1 SOIC-8 封装引脚说明列表

序号	引脚名	类型	描述
1	VDD	Supply	电源输入，编程引脚
2	VSS	Ground	系统地
3	N/C		悬空
4	OUT	Output/Comm.	模拟输出，或作为编程引脚
5	IDDQ	Test	测试引脚
6	TO	Test	测试引脚
7	TI0	Test	测试引脚
8	TI1	Test	测试引脚

#### 3.2. TO92 封装引脚定义和引脚说明

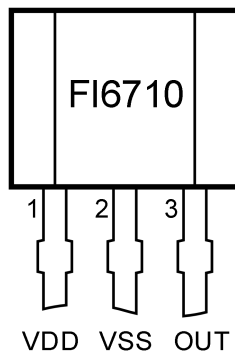


图 3-2 TO92 封装引脚定义

表格 3-2 TO92 封装引脚说明列表

序号	引脚名	类型	描述
1	VDD	Supply	电源输入，编程引脚
2	VSS	Ground	系统地
3	OUT	Output/Comm.	模拟输出，或作为编程引脚

## 4. 应用参考设计

### 4.1. SOIC-8 封装的应用

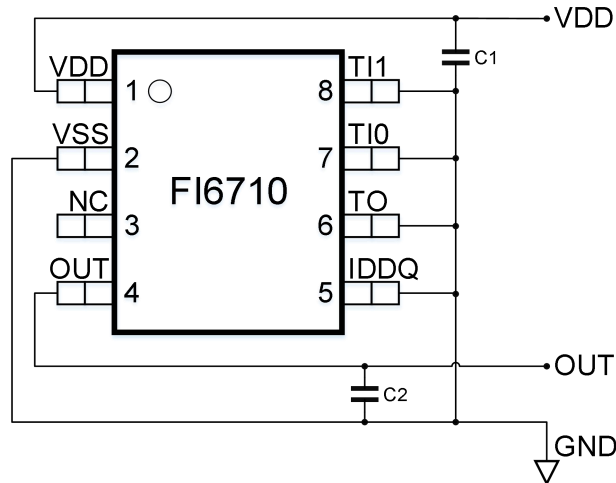


图 4-1 SOIC-8 封装的应用参考电路

测试引脚（#5，#6，#7，#8）需要接地，以避免因这些引脚上的 RF 或者噪声信号输入到芯片内的测试控制器，最后导致芯片进入测试模式。这些测试输入引脚都是有内部下拉电阻的。

这里给出的应用参考电路并非强制的设计指南。为了获得更好的 ESD 和 EMC 型号，外部元器件可以根据后续章节中的电气规范进行修改。为了获得良好的 EMC 性能，元器件应尽可能靠近 IC。

表格 4-1 SOIC-8 封装参考应用的元器件列表

元器件	规格	描述	备注
C1	100nF	电容	-
C2	100nF	电容	-

### 4.2. TO92 封装的应用

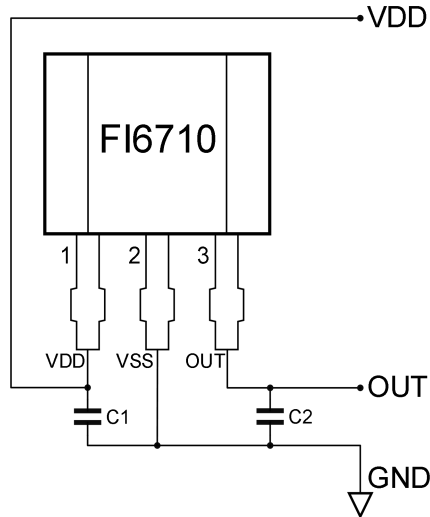


图 4-2 TO92 封装的应用参考电路

这里给出的应用参考电路并非强制的设计指南。为了获得更好的 ESD 和 EMC 型号，外部元器件可以根据后续章节中的电气规范进行修改。为了获得良好的 EMC 性能，元器件应尽可能靠近 IC。

表格 4-2 TO92 封装参考应用的元器件列表

元器件	规格	描述	备注
C1	100nF	电容	-
C2	100nF	电容	-

## 5. FI6710 传感器芯片的编程

### 5.1. 编程器的连接

FI6710 编程时不需要任何专用的引脚，只需使用芯片的供电和输出引脚即可。FI6710 可以在工程实验室或者是产品线上，通过 FFI 编程工具 FPI 以及专门的 FI6710 编程子板、对应的软件工具（FPK 用户界面）来实现编程。

图 5-1 给出了 FI6710 与 FFI 编程器的连接电路作为参考。

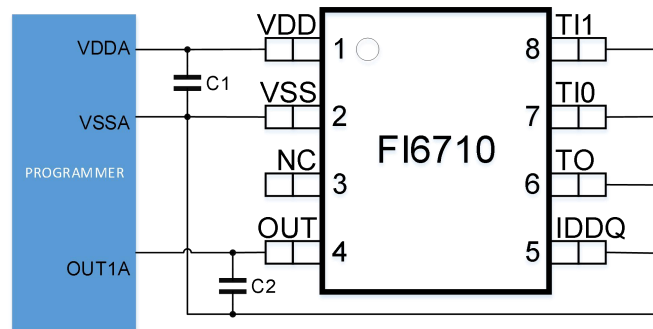


图 5-1 编程器的参考连接电路（以 SOIC8 封装为例）

### 5.2. 可编程参数信息

#### 5.2.1. EEPROM 可编程信息

FI6710 上的所有校准参数都存储在芯片内部的非易失性 EEPROM 中。除 EE\_FFI\_ID, EE\_USR\_ID 外，其他所有的 EEPROM 参数都是以三倍冗余的方式存储，以纠正任何 EEPROM bit 可能丢失其内容的错误，纠正使用的是多数投票方法。

EEPROM 中的 EE\_FFI\_ID 和 EE\_USR\_ID 不会以冗余的方式存储。EE\_FFI\_ID 在 PGM 模式下是不可编程修改的，因此保证了该芯片的可追溯性。

##### 5.2.1.1. EEPROM 锁定

EEPROM 参数可以通过 EE\_MEM\_LOCK bit 进行锁定，可以对 FFI 及用户设置的 EEPROM 参数进行写保护。一旦 EE\_MEM\_LOCK bit 被置 1，EEPROM 参数将被永久锁定，使得其在 PGM 模式下不可能再被写入更改。

注意：EE\_MEM\_LOCK bit 可以通过 FPK 软件“MemLock”进行设置。

在 PGM 模式下，对 EEPROM 参数的读出没有限制。

## 5.2.1.2. EEPROM 耐用性

EEPROM 是用来存储校准数据的（与 OTPROM 类似），FI6710 的嵌入式 EEPROM 可以保证在 125°C 下至少写入 1000 次（仅限于工程或校正目的）。

## 5.2.2. FFI 可编程参数

表格 5-1 FI6710 FFI 可编程参数

参数	描述	比特	默认值	备注
EE_OSC_TRIM	内部时钟频率校准值	5	FFI <sup>(1)</sup>	
EE_CTAT_TRIM	PTAT 和 CTAT 电流源失配因子	5	FFI <sup>(1)</sup>	
EE_ANA_ITRIM	模拟电路参考电流校准值	3	FFI <sup>(1)</sup>	
EE_HALL_ITRIM	霍尔板电路校准值	4	FFI <sup>(1)</sup>	
EE_HALL_POL	霍尔板极性的调整, 改变后会使传感节点反向 <sup>(2)</sup>	1	FFI <sup>(1)</sup>	
EE_TC_COEF1	分段线性温度补偿主系数	7	FFI <sup>(1)</sup>	
EE_TC_COEF2	分段线性温度补偿在高低温度下的额外温度补偿系数	6	FFI <sup>(1)</sup>	
EE_TC_COEF3	分段线性温度补偿在低温度下的额外温度补偿系数	3	FFI <sup>(1)</sup>	
EE_OFS_COMP	剩余偏移的模拟补偿系数	5	FFI <sup>(1)</sup>	
EE_OFS_DRIFT	剩余偏移的温度漂移的线性补偿系数	6	FFI <sup>(1)</sup>	
EE_RG1	模拟第一级增益	1	1	
EE_ADC_OFS	增益相关的偏移量 <sup>(3)</sup>	14	FFI <sup>(1)</sup>	
EE_FFI_ID0	用于芯片追溯的 FFI_ID。不可以通过编程模式改写	22	FFI <sup>(1)</sup>	不可修改
EE_FFI_ID1		22	FFI <sup>(1)</sup>	
EE_CRC	EEPROM 参数的 CRC 校验码 <sup>(4)</sup> , 用于数据完整性校验	10	FFI <sup>(1)</sup>	无法手动修改

(1) 该参数由 FFI 生产时进行校准。

(2) 霍尔板极性的改变会使 FFI 生产校准无效。建议用户通过改变 EE\_FG 的 MSB 来改变输出信号的极性。

(3) 校准后不应修改。

(4) 使用 FFI 编程器时, 由 FPK 软件保证 CRC 完整性, 它是无法手动更改的。

## 5.2.3. 后端用户可编程参数

表格 5-2 后端用户可编程参数

参数	描述	比特	默认值	备注
EE_RG2	模拟第二级增益	2	FFI <sup>(1)</sup>	
EE_FG	数字微调增益。有符号数（不是二进制补码），MSB 是符号位。	13	FFI <sup>(1)</sup>	

参数	描述	比特	默认值	备注
	EE_FG 的范围是从-4095 (0x1FFF) 到 +4095 (0xFFFF)，对应的增益范围是 -3.999 到+3.999			
EE_ATTENU_EN	模拟增益衰减使能	1	0	
EE_IIR_FLT	IIR 滤波器控制，可编程范围[0,8] <sup>(2)</sup>	4	5	
EE_MAG_TC_EN	磁铁温度补偿(GainMag)使能。 0: 关闭 1: 开启	1	0	
EE_MAG_TC_SEL	磁铁温度补偿选择。 0: 线性增益温度补偿 1: 基于 ROM 的二阶增益温度补偿 <sup>(3)</sup>	1	1	
EE_MAG_TC_OFS	磁铁温度补偿偏移量 <sup>(3)</sup>	10	FFI <sup>(1)</sup>	
EE_MAG_TC_SLOPE	磁铁温度补偿斜率 <sup>(3)</sup>	8	FFI <sup>(1)</sup>	
EE_OUT_OFS	输出偏移量。 定义在没有磁场的情况下输出的偏移量，范围在-200% V <sub>DD</sub> 到+200% V <sub>DD</sub> 之间，输出 DAC 为 12 位分辨率，即 V <sub>DD</sub> 的 0.0244%	14	0x0800	
EE_OUT_CLP_LO	输出钳位电平低阈值。 可编程范围从 0%到 50% V <sub>DD</sub> ，分辨率为 OUT_DAC 分辨率的 1/4，即 V <sub>DD</sub> 的 0.098%	9	0x000	
EE_OUT_CLP_HI	输出钳位电平高阈值。 可编程范围从 0%到 100% V <sub>DD</sub> ，分辨率为 OUT_DAC 分辨率的 1/4，即 V <sub>DD</sub> 的 0.098%	10	0x3FF	
EE_DIAG_CLP_EN	ADC 钳位错误报告使能。如果 ADC 连续钳位 4 次以上，则启动错误报告。 0: 关闭 1: 开启	1	1	
EE_DIAG_RPT_HI	诊断报告输出电平选择。 0: 输出低电平 1: 输出高电平	1	0	
EE_USR_ID	用户标识，用户可用于芯片的追溯	22	0	

(1) 该参数由 FFI 生产时进行校准。

(2) EE\_IIR\_FLT 与滤波截止频率的关系可参见 5.2.3.1

(3) 关于灵敏度温漂补偿，详见 7.1

### 5.2.3.1. 数字 IIR 滤波

通过 EE\_IIR\_FLT 可以编程 IIR 滤波器的截止频率，数字 IIR 滤波器可以提供降噪和低通滤波。

表格 5-3 IIR 滤波器的截止频率

EE_IIR_FLT[3:0]	截止频率[Hz]
0	1114
1	557
2	279
3	139
4	70
5	35
6	17
7	9
8	4

表中，对于值从 9 到 15 的 EE\_IIR\_FLT，舍入误差相对于分辨率会变得太高，所以这些代码不可以使用。因此，EE\_IIR\_FLT 的范围是[0,8]。

此表仅适用于温度传感器开启的情况。当温度传感器处于关闭时，截止频率应乘以 2 倍，因为不再执行温度 ADC。

### 5.2.3.2. 诊断功能

FI6710 可以检查并报告 CRC 校验错误和 ADC 钳位错误，当出现错误时，通过 OUT 引脚进行诊断输出。EE\_DIAG\_RPT\_HI 定义了诊断的输出电平，当 EE\_DIAG\_RPT\_HI=1 时，输出诊断高电平（ $V_{SATHI}$ ）；当 EE\_DIAG\_RPT\_HI=0 时，输出诊断低电平（ $V_{SATLO}$ ）。

对于 ADC 钳位错误的诊断报告，只有在 EE\_DIAG\_CLP\_EN 值为 1 时才有效。

诊断相关的阈值在 6.6 节中说明。

### 5.2.3.3. 用户标识

表格 5-4 EE\_USR\_ID 定义

参数	值
EE_USR_ID	0...4,194,303

标识码：22 个 bit 可自由使用的用户标识参数，用户可用于芯片的追溯。

### 5.2.4. 可追溯信息

出厂时，FFI 会在每个芯片 EEPROM 编程写入唯一的 ID 标识。FFI 强烈建议在 EOL 编程中存储此值，以确保最终产品的完全可追溯性。

这些 ID 标识在 EOL 编程中是不允许被修改的。

表格 5-5 EE\_FFI\_IDx 定义

Parameter	Value
EE_FFI_ID0	0...4,194,303
EE_FFI_ID1	0...4,194,303

## 6. 技术规格

### 6.1. 绝对最大额定值

表格 6-1 绝对最大额定值

参数	符号	最大值
正向供电电压	$V_{DDFWD}$	+24V (持续) +28V (<96h)
正向供电电流	$I_{DDFWD}$	+20mA
反向供电电压	$V_{DDREV}$	-8V (持续) -9V (<96h) -12V (<1h)
反向供电电流	$I_{DDREV}$	-2mA
正向输出电压	$V_{OUTFWD}$	+18V
正向输出电流	$I_{OUTFWD}$	+30mA
反向输出电压	$V_{OUTREV}$	-0.3V
反向输出电流	$I_{OUTREV}$	-50mA
存储温度范围 (非工作)	$T_S$	-55°C to +165°C
工作环境温度范围	$T_A$	-40°C to +150°C
结温范围	$T_J$	+165°C
封装热阻	$R_{TH}$	100°C/W
最大磁场强度	$B_{MAX}$	2T

注意：超出绝对最大额定值会导致永久损坏，长时间工作在绝对最大额定值下可能会影响芯片的可靠性。

### 6.2. 一般性电气规格

表格 6-2 一般性电气规格

参数	符号	备注	最小	典型	最大	单位
供电电压	$V_{DD}$	保证正常运行	4.5	5	5.5	V
供电电流	$I_{DD}$	最坏情况(最小 $R_{PD}$ , 最大 $V_{DD}$ )	-	8.2	9.6	mA
稳定电压	$V_{REG}$	内部电压	3.0	3.3	3.6	V
复位电压	$V_{PORRISE}$	当 $V_{POR} < V_{DD} < V_{UNDER}$ , 输出为高阻抗	2.5		3.4	V
	$V_{PORFALL}$		2.4		3.3	V
欠压阈值	$V_{UNDERRISE}$	当 $V_{DD} > V_{UNDER}$ , 工作状态	3.4		4.4	V
	$V_{UNDERFALL}$		3.3		4.3	V
编程电压 <sup>(1)</sup>	$V_{PROGRISE}$		6.5		7.5	V
	$V_{PROGFALL}$		6.4		7.4	V
过压阈值 <sup>(2)</sup>	$V_{OVER}$	断开 $V_{PROT}$ 与 $V_{DD}$ 的连接	8.6		14.6	V
负载电阻范围	$R_{PD}$	下拉到地	8	10	330	kΩ
负载电容范围	$C_L$	OUT 与 GND 之间	47		1000	nF

参数	符号	备注	最小	典型	最大	单位
输出饱和电压 <sup>(3)</sup>	V <sub>SATHI</sub>	包含 R <sub>PD</sub>	96		100	%V <sub>DD</sub>
	V <sub>SATLO</sub>	包含 R <sub>PD</sub>	0		3	%V <sub>DD</sub>
输出电流限制 <sup>(4)</sup>	I <sub>OUTLIMGND</sub>	输出放大器拉电流强度	2	5	7.6	mA
	I <sub>OUTLIMVDD</sub>	输出放大器灌电流强度	2	5	8.6	mA
供电电流限制	I <sub>VDDLIM</sub>	与上述条件相同	5		18	mA

- (1) 编程电压定义芯片进入 PGM 模式的阈值，此时输出引脚变为双向。写访问最终由上一章描述的锁定位置决定。
- (2) 过压阈值将断开所有内部电源(V<sub>ana</sub>、V<sub>dig</sub> 和 V<sub>prot</sub>)与 V<sub>DD</sub> 的连接，输出变成高阻抗。
- (3) 饱和电压是带 R<sub>PD</sub> 连接时输出放大器能主动达到的电压。
- (4) 当 V<sub>DD</sub> = 5V，通过外部电源将输出拉到轨道上时，输出级可提供的保持直流电压的最大电流。

## 6.3. 时序规格

表格 6-3 时序规格

参数	符号	备注	最小	典型	最大	单位
电源转换率	V <sub>DDSR</sub>	外部电源 V <sub>DD</sub>	5e-6		5	V/μs
启动时间 <sup>(1)</sup>	t <sub>STARTUP</sub>			500		μs
主时钟频率	F <sub>OSC</sub>	容差±10%	900	1000	1100	Hz
转换率	t <sub>CONV</sub>	霍尔和温度信号的采集(无数字滤波)	130	144	158	μs
	f <sub>CONV</sub>		6.33	7	7.7	kHz
可编程滤波带宽 <sup>(2)</sup>	BW	开启温度传感器	0.004		1.114	kHz
输出放大器上升时间 (10%-90%) <sup>(3)</sup>	t <sub>RISEPP</sub>	R <sub>L</sub> = 8kΩ 到地 C <sub>L</sub> = 330nF 到地		440		μs
输出放大器下降时间 (90%-10%) <sup>(3)</sup>	t <sub>FALLPP</sub>	R <sub>L</sub> = 330kΩ 到地 C <sub>L</sub> = 330nF 到地		240		μs
校准时间 <sup>(4)</sup>	t <sub>CALIB</sub>	EEPROM 参数擦除+写			23	ms
		EEPROM 全部读出		210		ms
		RAM 写			4.8	ms

- (1) 启动时间定义为超过 POR 电平与第一次 DAC 输出更新之间的时间。它包括从 EEPROM 加载参数，检查 CRC 有效性，初始化和第一次霍尔采样到 DAC 输出更新之间的信号延迟。
- (2) 滤波是通过 EEPROM 中的 EE\_IIR\_FLT 参数可编程的。该滤波器由数字 IIR 滤波器组成。有关相应带宽的详细信息，请参阅前一章。
- (3) 上升和下降时间是在最坏的情况下测量的，因此两个参数的 R<sub>load</sub> 是不同的。这些规格仅由输出放大器及其负载来定义。输出放大器(增益=2)在输入从 5%V<sub>DD</sub> 到 45%V<sub>DD</sub> 时给出一个阶跃响应，上升、下降时间测量直流输出电压(10%V<sub>DD</sub> 到 90%V<sub>DD</sub>) 从 10%到 90%阶跃响应之间的时间。
- (4) 校准时间的测量是在以下条件进行的：室温下，使用 FFI-FPI 平台，将 FI6710 固件加载到 FFI-FPI 上，并在之前章节推荐的 FI6710 应用电路图，以 10kbit/s 的速度进行校准。

## 6.4. 转换特性规格

表格 6-4 转换特性规格

参数	符号	备注	最小	典型	最大	单位
输出钳位范围	C <sub>LAMPLO</sub>	9 bits <sup>(1)</sup>	0		50	%V <sub>DD</sub>
	C <sub>LAMPHI</sub>	10 bits <sup>(1)</sup>	0		100	%V <sub>DD</sub>
输出静态（偏移）电压范围	V <sub>OQ</sub>	14 bits (EE_OUT_OFS 配置) <sup>(1)</sup>	-200		200	%V <sub>DD</sub>
灵敏度范围	S	EE_RG1=1 <sup>(1)</sup> 全幅度输出 <sup>(2)</sup>	±0.22		±5	%V <sub>DD</sub> / mT

(1) 更详细的信息请参考前面的章节。

(2) 全幅度输出对应 100%V<sub>DD</sub> 输出范围。这相当于在双极型应用中，EE\_FG 设置为 1（1024LSB）时，100%的 ADC 范围。DSP 处理链可以额外增加 4 倍的灵敏度。

## 6.5. 精度规格

表格 6-5 精度规格

参数	符号	备注	最小	典型	最大	单位
输出 DAC 分辨率	LSB <sub>DAC</sub>	12 bits		0.0244		%V <sub>DD</sub>
输出 DAC 线性度	DNL <sub>DAC</sub>		-0.5		+1	LSB <sub>DAC</sub>
	INL <sub>DAC</sub>		-2		+2	LSB <sub>DAC</sub>
按比例输出误差 <sup>(1)</sup>	OUT <sub>ratio</sub> m	当 EE_MAG_TC_SLOPE=0	-0.1		+0.1	%V <sub>DD</sub>
		当 EE_MAG_TC_SLOPE=128	-0.2		+0.2	%V <sub>DD</sub>
输出噪声 <sup>(2)</sup>	OUT <sub>noise</sub>	EE_IIR_FLT=4（70Hz） 输入磁场范围= ±20mT		0.8		mV <sub>RMS</sub>
		EE_IIR_FLT=1（557Hz） 输入磁场范围= ±20mT		1.8		mV <sub>RMS</sub>
		EE_IIR_FLT=1（1114Hz） 输入磁场范围= ±20mT		3		mV <sub>RMS</sub>
输出静态（偏移）温漂	Δ <sup>T</sup> V <sub>OQ</sub>	输入磁场范围= ±20mT	-10		+10	LSB <sub>DAC</sub>
		输入磁场范围= ±80mT	-5		+5	LSB <sub>DAC</sub>
灵敏度温漂 <sup>(3)</sup>	Δ <sup>T</sup> S	不使用磁场 TC	-200	0	+200	ppm/°C
		使用一阶和二阶磁场 TC <sup>(4)</sup>	-250	0	+250	ppm/°C
灵敏度温度磁滞	Δ <sup>H</sup> S	全热偏移后	-0.5	±0.2	+0.5	%

(1) IC 的按比例输出性能是通过在标称情况 V<sub>DD</sub>=5V 与电源按比例输出的工作范围的限制(4.5V 和 5.5V)之间输出电压差异 (用%V<sub>DD</sub>表示)来测量的。EE\_MAG\_TC\_SLOPE = 0(或完全禁用 EE\_MAG\_TC\_EN)与 EE\_MAG\_TC\_SLOPE = 128 之间的差异来源于，芯片上的温度也是电源电压的函数。由于 EE\_MAG\_TC\_SLOPE 改变 IC 的增益来补偿磁体 TC，它依赖于片上温度与磁体温度相同这一事实，因此会产生一个额外的误差（相比 EE\_MAG\_TC\_SLOPE=0 的情况）。

(2) 噪声测量是按推荐应用电路进行的，室温，电源电压为 5V，与推荐应用电路相比，增加了电容值，有助于降低输出噪声。对于峰-峰值，RMS 值通常乘以 6。

- (3) 当增益补偿的默认设置固定为 1 时，即通过将 EE\_MAG\_TC\_SLOPE 设置为 0，但保留 EE\_MAG\_TC\_EN 位设置为 1（见前一章），所有 IC 的灵敏度热漂移都在这些范围内。如果值不是固定为 1，IC 的敏感度将表现为一个灵敏度温度漂移曲线，如磁体补偿章节所示（如果 EE\_MAG\_TC\_SEL 设置为 1），或一个依赖于 EE\_MAG\_TC\_SLOPE 设置的线性温度系数（如果 EE\_MAG\_TC\_SEL 设置为 0），但有  $\pm 200\text{ppm}/^\circ\text{C}$  误差。
- (4) 这个极限值是一个典型磁铁所能达到的极限值。主要假设是磁场强度随温度单调下降。另外，在后续章节中描述的二阶实现被设计为可以工作到磁体 TC 为  $-2000\text{ppm}/^\circ\text{C}$  的铁氧体磁铁。如果您对磁铁的可实现规格有疑问，请与 FFI 联系。

## 6.6. 诊断规格

表格 6-6 诊断规格

参数	符号	备注	最小	典型	最大	单位
ADC 钳位报告信号 <sup>(1)</sup>	DIAG <sub>CLIP</sub>	EE_DIAG_RPT_HI=0	-	-	V <sub>SATLO</sub>	%V <sub>DD</sub>
		EE_DIAG_RPT_HI=1	V <sub>SATHI</sub>	-	-	%V <sub>DD</sub>
ADC 钳位报告标准 <sup>(1)</sup>	N <sub>CLIP</sub>	诊断位被置 1 前 ADC 钳位次数	-	4	-	次数
CRC 失败报告信号	DIAG <sub>CRC</sub>	EE_DIAG_RPT_HI=0	-	-	V <sub>SATLO</sub>	%V <sub>DD</sub>
		EE_DIAG_RPT_HI=1	V <sub>SATHI</sub>	-	-	%V <sub>DD</sub>
CRC 失败报告标准	N <sub>CRC</sub>	诊断位被置 1 前 CRC 失败次数	-	3	-	次数
被动诊断输出电平（开路追踪诊断）	BV <sub>SSPD</sub> <sup>(2)</sup>	V <sub>SS</sub> 开路 & 下拉负载 R <sub>L</sub> ≥ 5kΩ 下拉负载 R <sub>L</sub> ≥ 10kΩ	95 97.5			%V <sub>DD</sub>
	BV <sub>SSPU</sub>	V <sub>SS</sub> 开路 & 上拉负载 R <sub>L</sub> ≥ 1kΩ	99.5	100		%V <sub>DD</sub>
	BV <sub>DDPD</sub>	V <sub>DD</sub> 开路 & 下拉负载 R <sub>L</sub> ≥ 1kΩ		0	0.5	%V <sub>DD</sub>
	BV <sub>DDPU</sub>	V <sub>DD</sub> 开路 & 上拉负载 R <sub>L</sub> ≥ 5kΩ			2	%V <sub>DD</sub>

(1) 仅当 EEPROM 中的 EE\_DIAG\_CLIP\_EN 位被设置为 1 时，才会标记 ADC 的 clip 位。如果该位被清 0，ADC 将根据钳位条件，进行最大值或最小值钳位。出现 4 个连续的钳位后才报告是 EMC 稳健设计所必需的。钳位报告不会用于温度信号的 ADC 值。

(2) 对双芯片版本，BV<sub>SSPD</sub> 有变化

## 6.7. 启动，欠压，过压及复位规格

上电期间（电源从 0V 向上上升），FI6710 处在输出不确定的区域（图中的灰色三角形区域），因为没有有源电路将输出级置于特定条件。由于被动的外部下拉，输出很可能仍保持在低轨附近，但无法预测此时 IC 内部到底发生了什么。这在本节的信号波形中也有说明。

POR 阶段是电源仍低于 V<sub>PORRISE</sub>，但高于未定义区域的阶段。在这种情况下，数字电路处于复位状态，这会将所有触发器置于已知状态，并且输出是高阻抗。由于外部下拉电阻负载，输出处于低轨。

当电源电压上升到高于  $V_{PORRise}$  阈值（该阈值具有内置的迟滞：对于下降沿为  $V_{PORFall}$ ）时，将进行初始化，包括将所有 EEPROM 设置加载到 RAM 中。在初始化阶段之后，只要电源电压高于  $V_{UNDERRise}$  阈值（该阈值具有内置的迟滞：对于下降沿为  $V_{UNDERFall}$ ），芯片就会启动其 FSM 程序并提供有效的输出信号。如果电源低于此阈值，则输出将保持高阻抗状态，对应的输出电压为低轨电压。

当 FI6710 从正常运行变为欠压或通过欠压进入复位状态（反之亦然）时，输出有一个稳定时间，它是输出负载和驱动能力的函数。这之后，芯片退出复位状态还有一个启动时间（ $t_{STARTUP}$ ）。

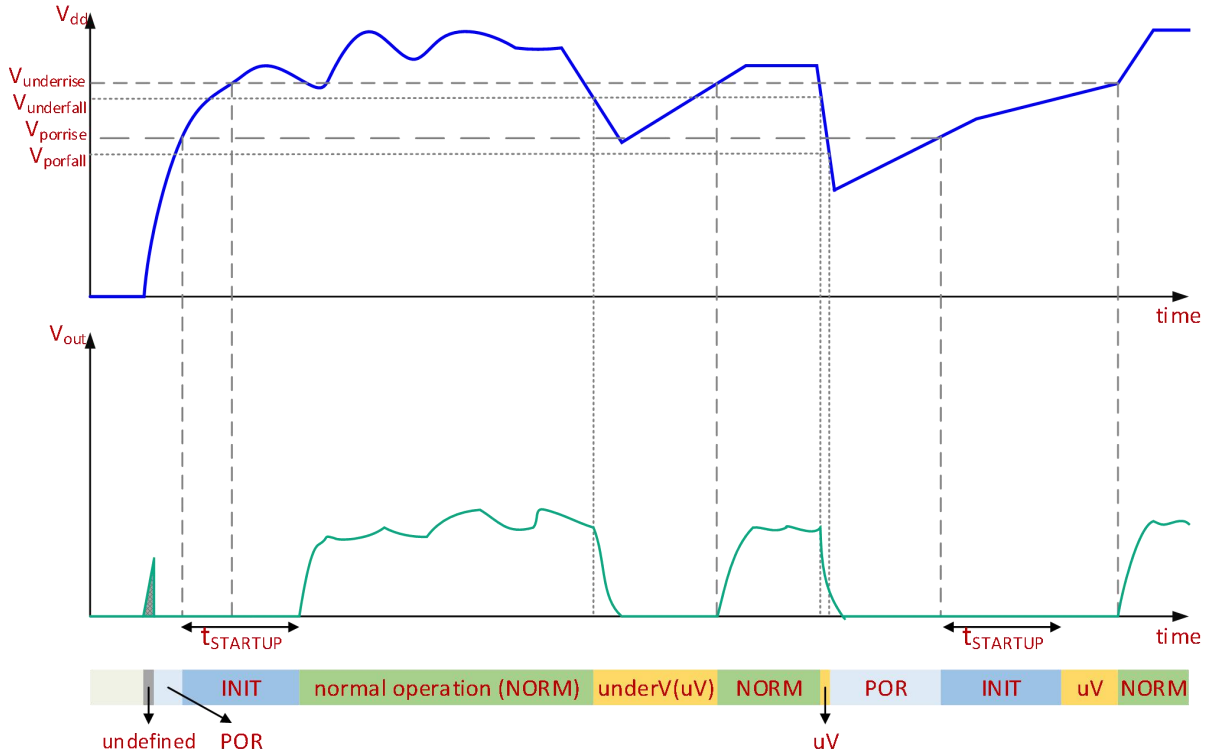


图 6-1 启动、运行、欠压和复位功能

当电源电压升高到高于  $V_{PROGRise}$  阈值（该阈值具有内置的迟滞：对于下降沿，为  $V_{PROGFall}$ ），但低于  $V_{OVER}$  阈值时，IC 进入编程模式：输出变为高阻抗，并且通过编程单元（FPI）发送适当的命令后，IC 也可以在输出引脚上做出响应。输出引脚上的通信协议（FFI-PGI 通信）是双向的。如果电源高于  $V_{OVER}$  阈值，则内部稳压电源与外部电源断开连接，IC 的大多数模块也是如此。电源恢复后会导致复位。

## 6.8. EMC/ESD 规格

表格 6-7 EMC/ESD 规格

参数	符号	备注	最小	典型	最大	单位
ESD 人体模型 <sup>(1)</sup>	$ESD_{HBM}$			$\pm 3$		kV
ESD 充电器件模型 <sup>(2)</sup>	$ESD_{CDM}$			$\pm 750$		V

(1) ESD HBM 测试是根据 JEDEC-22-A-114 标准在所有引脚上进行的。

(2) ESD CDM 测试是根据 AEC-Q100-011 标准在所有引脚上进行的。

## 7. 功能描述

### 7.1. 灵敏度温漂补偿

#### 7.1.1. 简介

在系统灵敏度温漂补偿开启 ( $EE\_MAG\_TC\_EN = 1$ ) 的情况下, 在每次对模拟放大的霍尔电压进行 ADC 转换前, 会通过主路径 ADC 对内置的温度传感器信息进行数字化。此温度信息用于生成一个 ROM 查找表的地址以获得二次非线性温度补偿 ( $EE\_MAG\_TC\_SEL = 1$ ), 或者生成一个与温度成比例的值以进行线性 IC 增益补偿 ( $EE\_MAG\_TC\_SEL = 0$ )。两种补偿都依赖于  $EE\_MAG\_TC\_OFS$  和  $EE\_MAG\_TC\_SLOPE$  参数。

#### 7.1.2. 线性补偿 (一阶)

事实证明, 常规的线性温度补偿适合于较小的应用温度范围和/或较小的磁体温度系数。在这种情况下, 由线性方法引起的误差是有限的, 而且证明足以满足所需的系统灵敏度漂移。

#### 7.1.3. 二次非线性补偿 (二阶)

这个查找表存储在 ROM 中, 包含特定磁通密度随温度变化的逆传递函数。它应用于温度系数低于  $-2000\text{ppm}/^\circ\text{C}$  的磁体, 如塑料粘结磁体就是这种典型情况。这样的磁体温度系数不能通过线性方法获得最佳补偿。不过, 通过 FFI 工具加上存储的补偿特性使改善热漂移补偿成为可能。

通过 ROM 查找表得到的校正系数  $GainMag$  与所测的磁通密度相乘, 相乘的结果会使得整个系统 (磁体 + IC) 灵敏度与温度 (几乎) 无关。

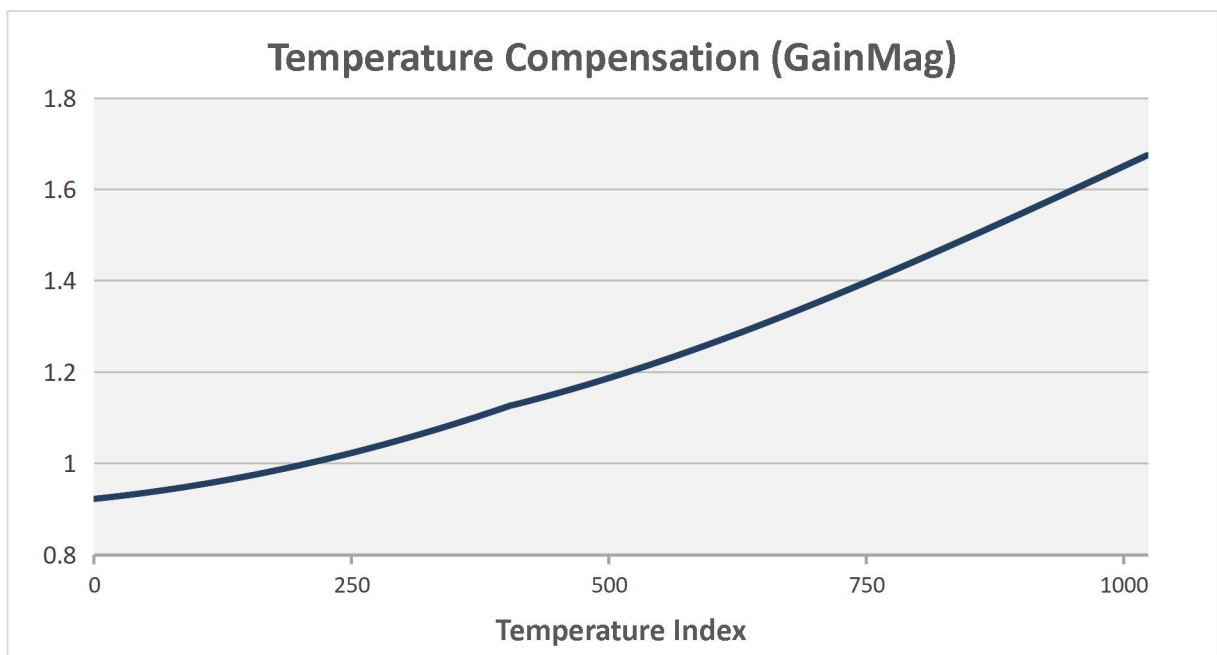


图 7-1 基于 ROM 表的二阶温度补偿(仅用于说明目的)

FFI 完成的工厂校准是针对一个特定的磁体 TC，这为使用具有不同 TC 的磁体进行的任何增量校准提供了精确的基础。这是通过 FFI 提供的求解软件完成的。该求解软件使客户能够针对不同温度范围在查找表中查找不同部分。这种灵活性是为了确保磁体 TC 与应用补偿之间的良好匹配。

## 8. 封装

### 8.1. SOIC-8 封装

#### 8.1.1. SOIC-8 封装示意图及标识

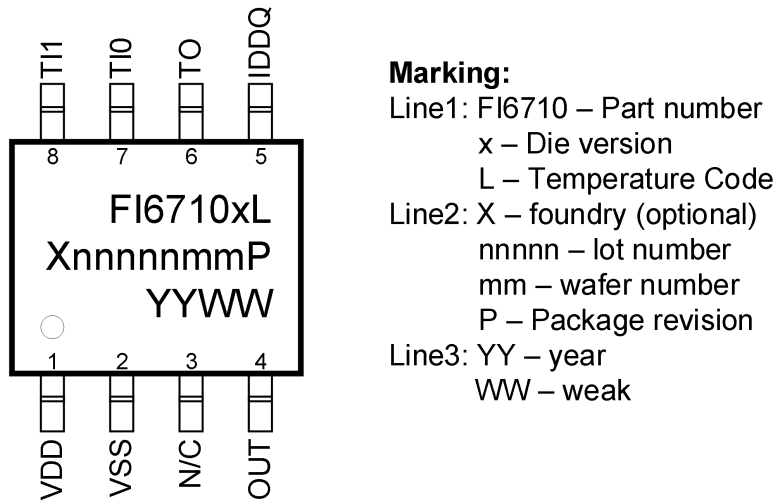


图 8-1 SOIC-8 封装示意图及标识

#### 8.1.2. SOIC-8 封装尺寸

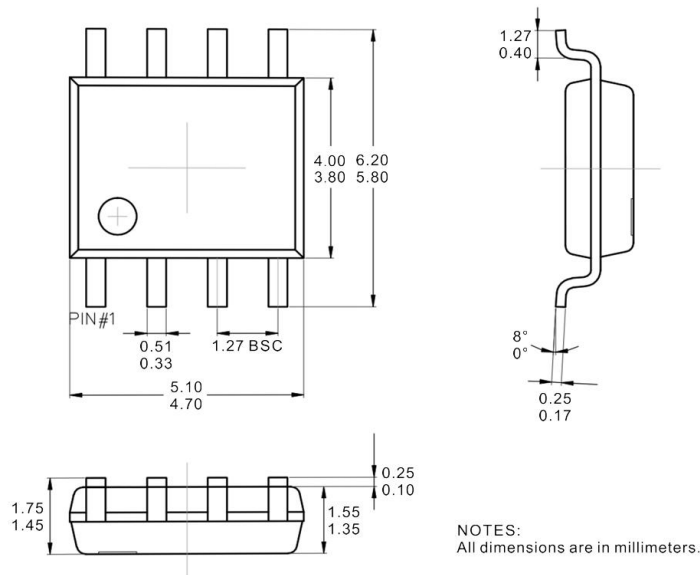
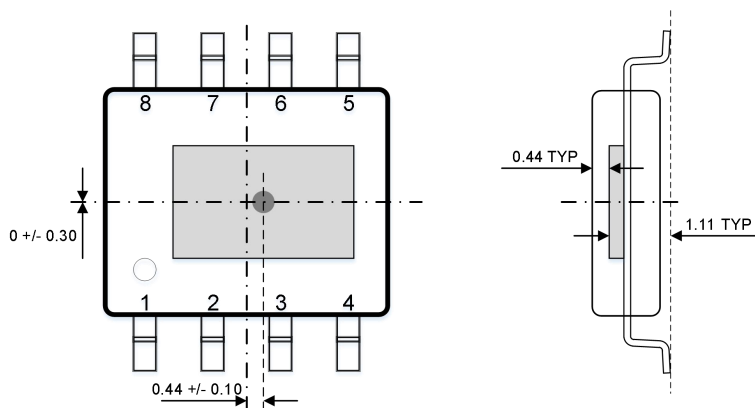


图 8-2 SOIC-8 封装尺寸

### 8.1.3. SOIC-8 封装磁场感应点位置

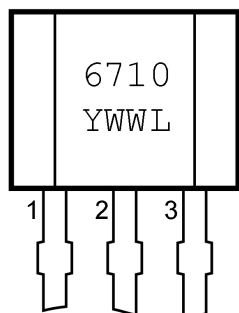


Notes: Dimensions are in millimeters

图 8-3 SOIC-8 封装的磁场感应点

## 8.2. TO92 封装

### 8.2.1. TO92 封装示意图及标识



#### Marking:

Line1: 6710 – Part Number FI6710

Line2: Y – Last digit of Year

WW – Week (2 digits)

L – Last digit of Lot number

图 8-4 TO92 封装示意图及标识

### 8.2.2. TO92 封装尺寸

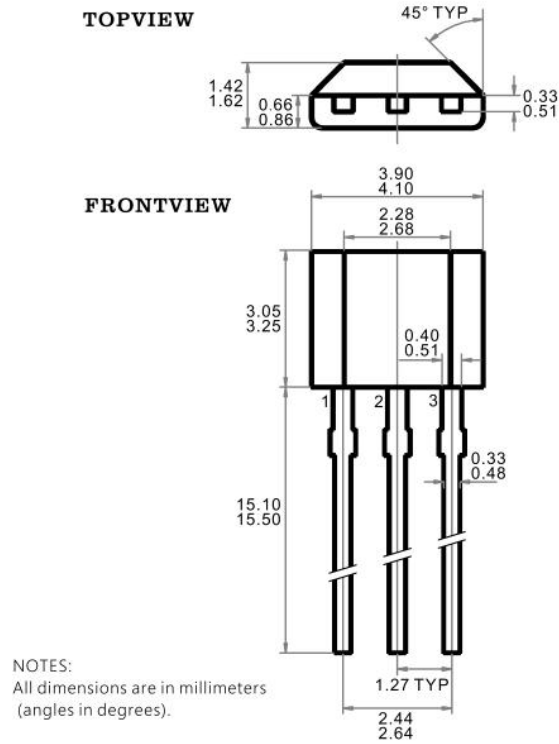


图 8-5 TO92 封装尺寸

### 8.2.3. TO92 封装磁场感应点位置

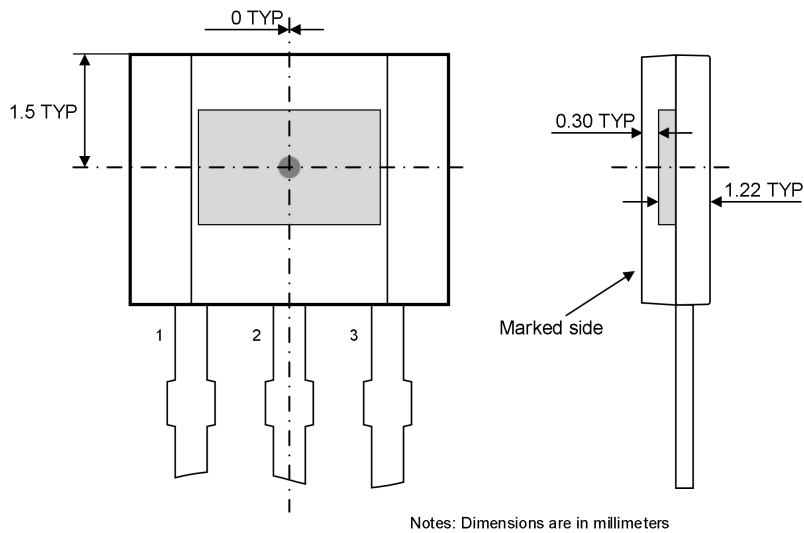


图 8-6 TO92 封装磁场感应点

## 9. 订货信息

FI6710 可以订货的信息如下。最新的订货信息请联系供应商。

表格 9-1 FI6710 可订货信息

芯片代码	版本代码	温度代码	封装代码	电容封装代码	可选代码	包装代码	备注
FI6710	A	L	DI	N	000	RA	
FI6710	A	L	UD	N	000	AP / BU	

其中：

温度代码： L: -40°C to +150°C

K: -40°C to +125°C

E: -40°C to +85°C

封装代码： DI: SOIC-8

UD: TO92

包装代码： RA: Reel 包装

AP: Ammopack 包装

BU: Bulk 包装

订货信息示例： FI6710ALDI-N-000-RA

## 10. ESD 预防

电子半导体产品对静电放电（ESD）很敏感。处理半导体产品时，都要遵守静电放电控制程序。一个好的 PCB 版图设计（电容接近引脚，低阻抗的接线版图）将会帮助提高 ESD 鲁棒性。

## 修订记录

版本	日期	版本描述
V1.3	2022-09-26	更新 SOIC8 封装丝印、尺寸信息
V1.2	2021-04-01	补充最大额定值信息
V1.1	2021-03-09	更新封装信息，增加 TO92 封装
V1.0	2020-08-26	初始发布版本

**版权所有 © 深圳市飞仙智能科技有限公司 2022。保留一切权利。**

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本文档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

**重要通知 - 请仔细阅读**

深圳市飞仙智能科技有限公司（“飞仙智能”）保留随时对飞仙智能产品，文档和规格进行变更、更正、增强、修改和改进的权利，恕不另行通知。因此，用户应在订货之前获取关于飞仙智能产品的最新信息，和飞仙智能核对信息的正确性是必要的。

除非另有约定，本文档仅作为使用指导，本文档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。飞仙智能不对其使用承担任何责任，也不承担因其使用导致的任何对专利或第三方其它权利的侵犯的责任。

飞仙智能不对任何知识产权进行任何明示或默许的授权或许可。