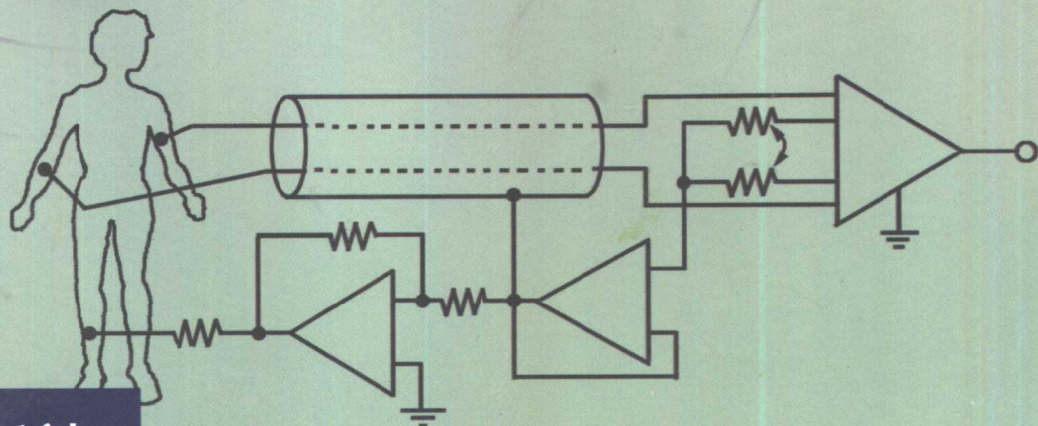
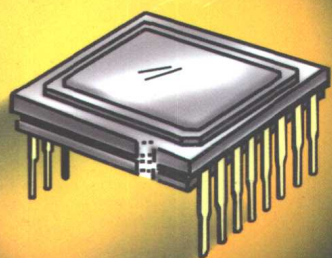


# 现代传感器集成电路

(通用传感器电路)

赵负图  
主编



人民邮电出版社

# 现代传感器集成电路

## 通用传感器电路

赵负图 主编

人民邮电出版社

## 图书在版编目(CIP数据)

现代传感器集成电路:通用传感器电路/赵负图主编.北京:人民邮电出版社,2000.1  
ISBN 7-115-08190-5

I.现… II.赵… III.传感器-集成电路 IV.TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 50685 号

## 内 容 提 要

《现代传感器集成电路》全面系统地介绍了当前国外各类最新和最常用的传感器集成电路的实用电路。对具有代表性的典型产品集成电路的原理电路和应用电路及其名称、型号、主要技术参数等都作了较详细的介绍。

本书分为五章,主要介绍温度传感器、光传感器、通用传感器及其他传感器(如气体、湿度、压力、液位、烟雾、加速度、粒子检测)以及传感器放大器等应用电路的技术资料。书中内容取材新颖,所选电路型号多、参数全、实用性强,是各领域从事自动控制开发研究、生产、设计、维修的技术人员和大专院校有关专业师生的工具书。

## 现代传感器集成电路 通用传感器电路

- 
- ◆ 主 编 赵负图  
责任编辑 李少民
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
北京朝阳隆昌印刷厂印刷  
新华书店总店北京发行所经销
  - ◆ 开本:787×1092 1/16  
印张:33.5  
字数:846 千字 2000 年 1 月第 1 版  
印数:1~4 000 册 2000 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-08190-5/TN·1535

---

定价:42.00 元

## 编 写 人 员

主 编 赵负图

### 编写人员

赵负图 李 思 吴学孟 常华瑞

徐宇逊 谢思齐 贺桂琴 赵 民

吴长虹 赵 军 张亚卿 徐军勤

王 亮 黄君焕 常改花 项 诚

郭营川 王 赞 郑小龙 李 波

高显一 朴相雨 潘用华 刘鲁伟

王林均 许太荣 赵 庆 耿 杰

赵宇明 夏允贯 严 正 王 林

胡立荣 潘冬梅 曹宜宁 郭小庆

曾晓端 颜洪亮

# 前 言

随着科学技术的发展和自动化程度的提高,作为获取信息的传感器应用越来越广。

80年代以来,国际上出现了“传感器热”,日本把传感器技术列为80年代十大技术之首,美国把传感器技术列为90年代的关键技术,我国把传感器技术列为“八五”、“九五”的重点发展项目。全世界约有6000多家传感器公司,生产品种上万个,广泛用于国防、民用、工农业、交通运输、环保医疗和公安防范等各个领域。

传感器电路是开发应用传感器的技术核心,用户可以根据传感器电路设计各种应用电路。传感器应用电路、典型原理图和特性参数等已成为众多厂家非常关心的技术资料。工程设计、研制开发、实验和测试控制等领域的广大技术人员,迫切希望有一本介绍现代传感器电路及应用电路的实用书。

为了把这些传感器的典型原理图、应用电路图 and 特性参数等系统地、全面地介绍给广大读者,我们收集了国外厂家的现代产品应用资料及广大用户研制开发的实用电路等编成了本书。书中内容取材新颖,实用性强,器件参数齐全。由于品种多、数量大,鉴于篇幅限制,在保证产品的先进性、实用性、可靠性和典型性的条件下,选用有代表性的产品予以介绍。

为了方便选用,书中给出了各类传感器的名称、型号、电路图、应用电路图、原理图、管脚图、波形图和必要的技术参数及生产厂家等资料。

本书是广大科研、生产、设计、维修部门的技术人员和大专院校师生必备的工具书之一,也是有关技术公司、管理部门及各类图书资料室必备的图书。

编 者

# 编写说明

《现代传感器集成电路》以传感器本身电路、应用电路的主要参数为主,囊括了各类传感器典型的有代表性的产品名称、型号、电路结构、应用电路、适用范围和主要参数等内容。

## 1. 收录产品范围

根据统计全世界生产传感器的厂家有 6000 多家,生产品种上万种,有的同类品种大同小异。如电磁传感器,仅国内引进生产厂家就有几十家。为使本书收录的品种齐全,凡具有代表性的产品均编入其中,以方便读者选用。

## 2. 参数符号意义

在各类传感器的电路及参数表中使用了许多不完全统一的标记和符号,因目前尚无统一标准,为了便于查阅,本书将其含义分别在各类传感器的电路和数据表中列出或在相应部位加以注释。

## 3. 电路图

由于篇幅的限制,本书只列出了必要的电路图、技术特性图和应用实例。对于复杂的大电路图,只给出了实用方块图。电路图中的接地符号说明如下:

⏏ 一般接地(含数字地和模拟地)

⏏ 接机壳(含数字地和模拟地)

▽ 自由端,大部分接地,一部分通过电阻接地,一部分不接地。

为方便读者查阅原资料,电路图中保留了原文和原符号。

## 4. 参数数据

同类产品由于生产厂家不同,其电路及参数略有不同,编写时力求统一,少数不能统一的则单独列出。

# 目 录

|                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|
| <b>第一章 温度传感器应用电路</b> .....                | 1   |
| 1.1 温度传感器数据采集应用电路 .....                   | 1   |
| 1.2 温度传感器 A/D 变换应用电路 .....                | 7   |
| 1.3 温度传感器频率变换应用电路 .....                   | 12  |
| 1.4 温度传感器变送器应用电路 .....                    | 19  |
| 1.5 温度传感器信号调节应用电路 .....                   | 28  |
| 1.6 温度传感器信号放大应用电路 .....                   | 37  |
| 1.7 温度传感器测控应用电路 .....                     | 52  |
| 1.8 温度传感器模块应用电路 .....                     | 64  |
| 1.9 温度传感器其他应用电路 .....                     | 73  |
| <b>第二章 传感器放大器应用电路</b> .....               | 78  |
| 2.1 传感器运算放大器应用电路 .....                    | 78  |
| 2.2 传感器仪器放大器应用电路 .....                    | 107 |
| 2.3 传感器隔离放大器应用电路 .....                    | 131 |
| 2.4 光传感器放大器应用电路 .....                     | 148 |
| 2.5 传感器特殊放大器应用电路 .....                    | 168 |
| <b>第三章 传感器通用电路</b> .....                  | 186 |
| 3.1 传感器 A/D 变换器应用电路 .....                 | 186 |
| 3.2 传感器变送器应用电路 .....                      | 219 |
| 3.3 传感器信号调节应用电路 .....                     | 238 |
| 3.4 传感器接口应用电路 .....                       | 247 |
| 3.5 传感器其他应用电路 .....                       | 251 |
| <b>第四章 光传感器基本应用电路</b> .....               | 273 |
| 4.1 EG&G 光电变换应用电路 .....                   | 273 |
| 4.2 西门子(SIEMENS)光电变换应用电路 .....            | 299 |
| 4.3 德州仪器(TEXAS INSTRUMENTS)光电变换应用电路 ..... | 330 |
| 4.4 红外接收发射电路 .....                        | 396 |
| <b>第五章 其他传感器应用电路</b> .....                | 418 |
| 5.1 加速度传感器应用电路 .....                      | 418 |
| 5.2 线性变换位移传感器(LVDT)和倾角传感器应用电路 .....       | 431 |

|      |                                                 |     |
|------|-------------------------------------------------|-----|
| 5.3  | 接近开关传感器应用电路 .....                               | 447 |
| 5.4  | 液体检测传感器应用电路 .....                               | 456 |
| 5.5  | 湿度传感器应用电路 .....                                 | 459 |
| 5.6  | 烟雾检测传感器应用电路 .....                               | 460 |
| 5.7  | 气体传感器应用电路 .....                                 | 479 |
| 5.8  | $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 粒子检测传感器应用电路 ..... | 494 |
| 5.9  | 压力传感器应用电路 .....                                 | 502 |
| 5.10 | 化学传感器应用电路 .....                                 | 515 |

# 第一章 温度传感器应用电路

## 1.1 温度传感器数据采集应用电路

### 热电偶数据采集电路

用途:用于温度数据采集、控制和计量等场合。

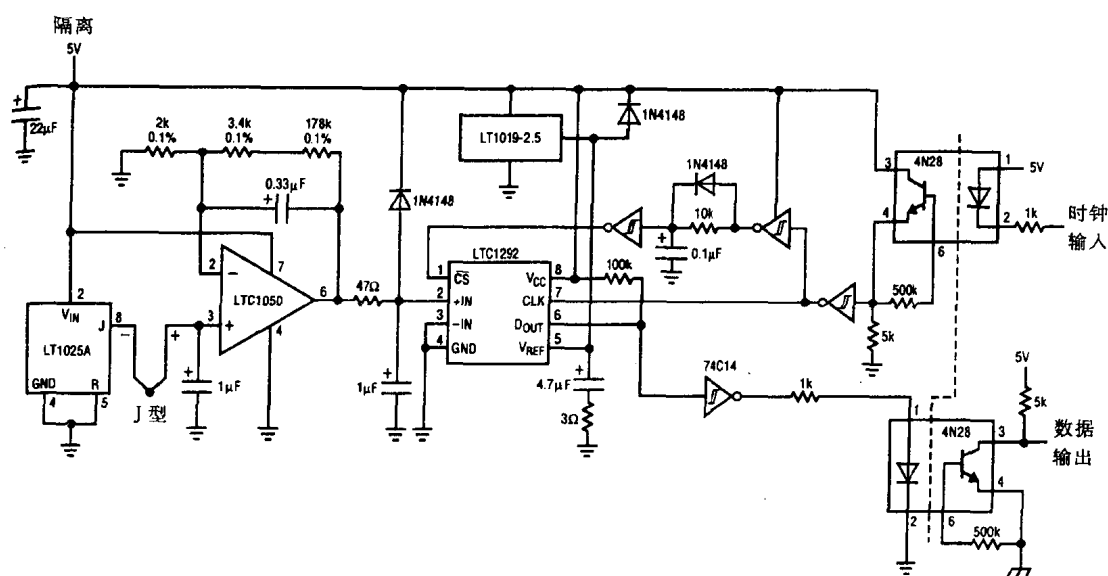


图 1-1 热电偶光隔离温度监测器

电路中的 J 型热偶工作温度范围为  $0^{\circ}\text{C} \sim 500^{\circ}\text{C}$ 。光隔离电路用于温度控制仪表。LT1025A 为小功率热偶冷端补偿器, LTC1050 为精密零漂具有内电容的运算放大器, LTC1292 为单片 12 位数据采集系统, LT1019-2.5 为 2.5V 精密基准电压源。

注: LTC 系列产品和 LT 系列产品见 LINEAR 公司产品手册说明。

### 光隔离温度数采电路

用途:用于温度遥测和监视电路。

传感器放大输出要求信号足够大,能进行数字化处理。图中 J 型热电偶灵敏度为  $52\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$ , LTC1050 斩波运放产生误差  $< 0.1^{\circ}\text{C}$ , 用 LT1025A 进行冷端补偿。在光隔离接口中, 产生两个信号, 两线接至 LTC1292。高模拟信号在 CLKIN 端。用  $0.1\mu\text{F}$  电容去耦, 使 CS 高。复

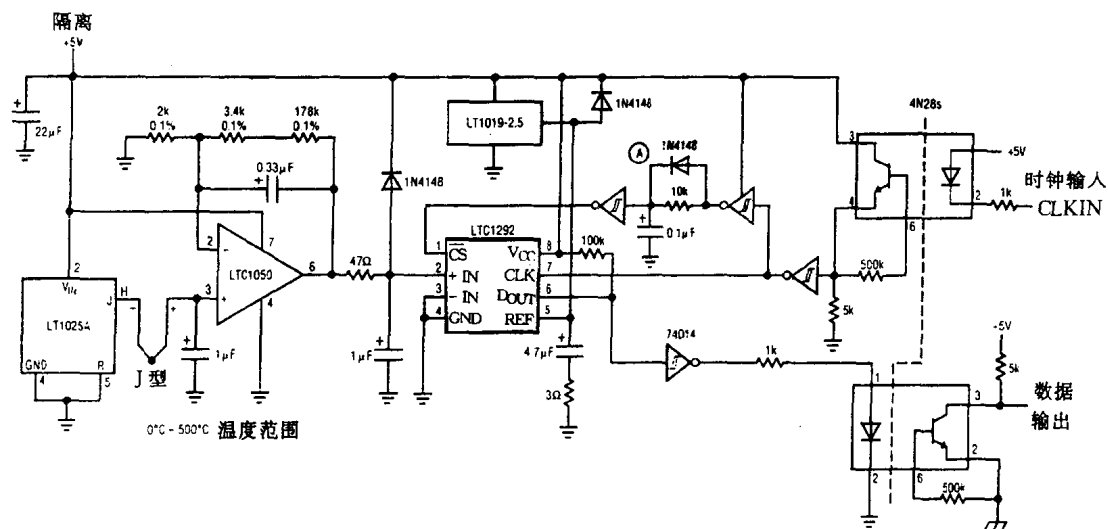


图 1-2 光隔离温度传感器监视电路

位 A/D 用于下一个变换。当 CLKIN 开始触发时,  $\overline{CS}$  变低, 并持续到下一个 CLKIN 高时。

LTC1292 是单片 12 位数据采集系统。内置采样和保持电路, 单电源 5V 工作, 直接 3 线接口适用于大部分 MPU 串行口和全部 MPU 并行口, 通过信息最大速率为 60kHz, 分辨率为 12 位, 转换时间在工作温度范围内最大为 12μs, 低电源电流仅 6.0mA。

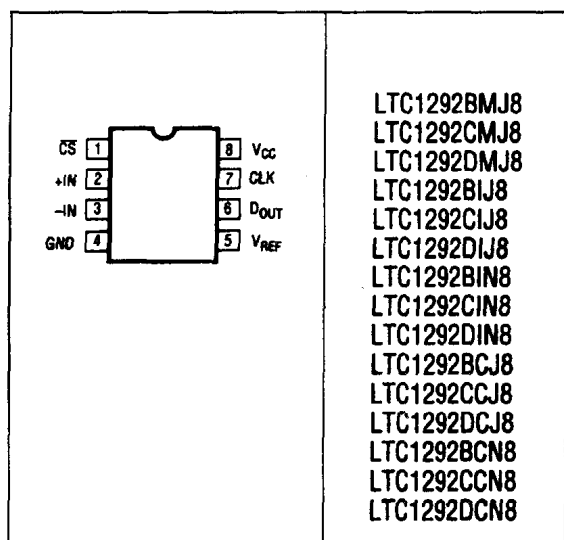


图 1-3 管脚图(顶视)

#### 管脚说明:

1.  $\overline{CS}$  片选
2. +IN 正输入,
3. -IN 负输入,
4. GND 地,
5.  $V_{REF}$  基准源;
6. DOUT 输出,
7. CLK 时钟,
8.  $V_{CC}$  电源

#### LTC1292 最大绝对额定值

电源电压 ( $V_{CC}$ ) 12V

电压

模拟和基准

输入

$-0.3V \sim V_{CC} + 0.3V$

数字输入

$-0.3 \sim 12V$

数字输出

$-0.3V \sim V_{CC} + 0.3V$

功耗

500mW

工作温度  
LTC1292BC, LTC1292CC,  
LTC1292DC 0 ~ 70℃  
LTC1292B1, LTC1292C1,  
LTC1292D1 - 40 ~ 85℃  
LTC1292BM, LTC1292CM,  
LTC1292DM - 55 ~ 125℃  
存储温度 - 65 ~ 150℃  
引线焊接温度(10s) 300℃

#### LTC1292 变换器和多路开关参数

( $V_{CC} = 5V$ ,  $V_{REF+} = 5V$ ,  $f_{CLK} = 1.0MHz$ )

| 参 数           | 单 位   | LTC1292B                                            |    |      | LTC1292C |    |      | LTC1292D |    |       |
|---------------|-------|-----------------------------------------------------|----|------|----------|----|------|----------|----|-------|
|               |       | 最小                                                  | 典型 | 最大   | 最小       | 典型 | 最大   | 最小       | 典型 | 最大    |
| 偏置误差          | LSB   |                                                     |    | ±3.0 |          |    | ±3.0 |          |    | ±3.0  |
| 线性误差          | LSB   |                                                     |    | ±0.5 |          |    | ±0.5 |          |    | ±0.75 |
| 增益误差          | LSB   |                                                     |    | ±0.5 |          |    | ±1.0 |          |    | ±4.0  |
| 最小分辨率, 保证无丢失码 | 位     |                                                     |    | 12   |          |    | 12   |          |    | 12    |
| 模拟和 REF 输入范围  | V     | (V <sup>-</sup> ) - 0.05V ~ V <sub>CC</sub> + 0.05V |    |      |          |    |      |          |    |       |
| 通道接通漏电流       | 接通 5V | μA                                                  |    | ±1   |          |    | ±1   |          |    | ±1    |
|               | 接通 0V | μA                                                  |    | ±1   |          |    | ±1   |          |    | ±1    |
| 通道接通漏电流       | 接通 5V | μA                                                  |    | ±1   |          |    | ±1   |          |    | ±1    |
|               | 接通 0V | μA                                                  |    | ±1   |          |    | ±1   |          |    | ±1    |

#### LTC1292 交流参数

( $V_{CC} = 5V$ ,  $V_{REF+} = 5V$ ,  $CLK = 1.0MHz$ )

| 符号          | 参 数      | 条件            | 单位   | LTC1292B/LTC1292C/LTC1292D |     |     |
|-------------|----------|---------------|------|----------------------------|-----|-----|
|             |          |               |      | 最小                         | 典型  | 最大  |
| $f_{CLK}$   | 时钟频率     | $V_{CC} = 5V$ | MHz  | 0.1                        |     | 1.0 |
| $t_{SAMPL}$ | 模拟输入采样时间 |               | 时钟周期 |                            | 1.5 |     |
| $t_{CONV}$  | 转换时间     |               | 时钟周期 |                            | 12  |     |

#### LTC1292 交流参数

( $V_{CC} = 5V$ ,  $V_{REF+} = 5V$ ,  $f_{CLK} = 1.0MHz$ )

| 符 号         | 参 数                                | 单 位                   | LTC1292B/LTC1292C/LTC1292D |     |     |
|-------------|------------------------------------|-----------------------|----------------------------|-----|-----|
|             |                                    |                       | 最小                         | 典型  | 最大  |
| $t_{CYC}$   | 总周期时间                              | 周期                    | 14CLK<br>2.5μs             |     |     |
| $t_{dDO}$   | 延迟时间 CLK ↓ 到 D <sub>OUT</sub> 数据有效 | ns                    |                            | 160 | 300 |
| $t_{dis}$   | 延迟时间 CS ↑ 到 D <sub>OUT</sub> 高     | ns                    |                            | 80  | 150 |
| $t_{en}$    | 延迟时间 CLK ↓ 到 D <sub>OUT</sub> 使能   | ns                    |                            | 80  | 200 |
| $t_{hDO}$   | CLK ↓ 以后时间输出数据继续有效                 | ns                    |                            | 130 |     |
| $t_f$       | D <sub>OUT</sub> 下降时间              | ns                    |                            | 65  | 130 |
| $t_r$       | D <sub>OUT</sub> 上升时间              | ns                    |                            | 25  | 50  |
| $t_{WHCLK}$ | CLK 高时间                            | $V_{CC} = 5V$<br>ns   |                            | 300 |     |
| $t_{WLCLK}$ | CLK 低时间                            | $V_{CC} = 5V$<br>ns   |                            | 400 |     |
| $t_{suCS}$  | 建立时间, CLK ↑ 之后 CS ↓                | $V_{CC} = 5V$<br>ns   |                            | 50  |     |
| $t_{WHCS}$  | 在数据转换周期之间 CS 高时间                   | $V_{CC} = 5V$<br>μs   |                            | 2.5 |     |
| $t_{WLCS}$  | 数据转换时, CS 低时间                      | $V_{CC} = 5V$<br>时钟周期 |                            | 14  |     |
| $C_{IN}$    | 输入电容                               | 模拟输入通                 | pF                         | 100 |     |
|             |                                    | 模拟输入断                 | pF                         | 5   |     |
|             |                                    | 数字输入                  | pF                         | 5   |     |

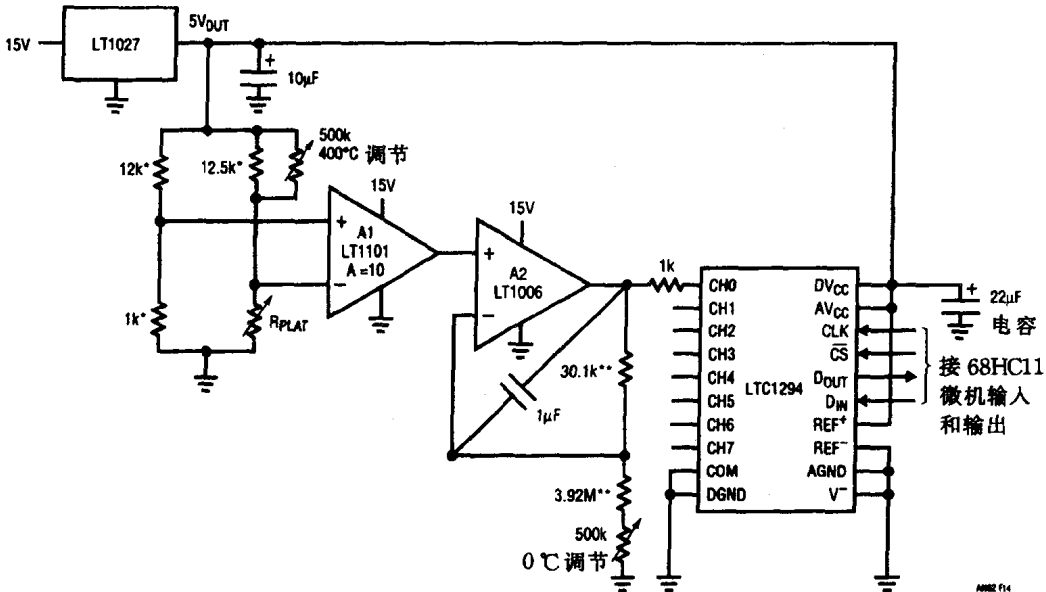
LTC1292 数字和直流参数

( $V_{CC} = 5V, V_{REF+} = 5V, f_{CLK} = 1.0MHz$ )

| 符号           | 参 数       | 单位                                   | LTC1292B/LTC1292C/LTC1292D |     |      |
|--------------|-----------|--------------------------------------|----------------------------|-----|------|
|              |           |                                      | 最小                         | 典型  | 最大   |
| $V_{IH}$     | 高电平输入电压   | $V_{CC} = 5.25V$                     | V                          | 2.0 |      |
| $V_{IL}$     | 低电平输入电压   | $V_{CC} = 4.75V$                     | V                          |     | 0.8  |
| $I_{IH}$     | 高电平输入电流   | $V_{IN} = V_{CC}$                    | $\mu A$                    |     | 2.5  |
| $I_{IL}$     | 低电平输入电流   | $V_{IN} = 0V$                        | $\mu A$                    |     | -2.5 |
| $V_{OH}$     | 高电平输出电压   | $V_{CC} = 4.75V, Z_O = 10\mu A$      | V                          | 4.7 |      |
|              |           | $I_O = 360\mu A$                     | V                          | 2.4 | 4.0  |
| $V_{OL}$     | 低电平输出电压   | $V_{CC} = 4.75V, I_O = 1.6mA$        | V                          |     | 0.4  |
| $I_{OZ}$     | 高 Z 输出漏电流 | $V_{OUT} = V_{CC} \overline{CS}$ 高电平 | $\mu A$                    |     | 3    |
|              |           | $V_{OUT} = 0V \overline{CS}$ 高电平     | $\mu A$                    |     | -3   |
| $I_{SOURCE}$ | 输出源电流     | $V_{OUT} = 0V$                       | mA                         | -20 |      |
| $I_{SINK}$   | 输出沉电流     | $V_{OUT} = V_{CC}$                   | mA                         | 20  |      |
| $I_{CC}$     | 正电源电流     | $\overline{CS}$ 高电平                  | mA                         | 6.0 | 12   |
| $I_{REF}$    | 基准电流      | $\overline{CS}$ 高电平                  | $\mu A$                    | 10  | 50   |

温度数据采集系统

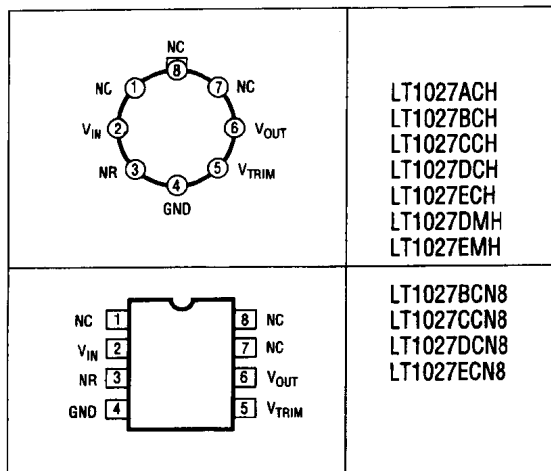
用途:用于温度数据采集和控制电路



注: \* 精度 0.1%, \*\* 1% 薄膜电阻,  $R_{PLAT}$  铂电阻, 在 0°C 时为 1k $\Omega$ 。

图 1-4 数字线性化铂电阻 RTD 信号调节器

电路中的 LT1027 为精密 5V 基准;非常低的温漂为  $zppm/^{\circ}C$ ;输出源 15mA, 沉 10mA;极好的瞬变响应,适用于 A/D 变换器基准输入,有噪声抑制脚;极好的长期稳定性;(0.1Hz ~ 10Hz)范围内的噪声小于 1ppm。



管脚说明:

1. NC 不连    2.  $V_{IN}$  输入  
 3. NR 信噪    4. GND 地  
 5.  $V_{TRIM}$  调节    6.  $V_{OUT}$  输出  
 7. NC 不连    8. NC 不连

图 1-5 管脚图(顶视)

最大绝对额定值(LT1027)

|                   |             |
|-------------------|-------------|
| 电源电压( $V_{IN}$ )  | 40V         |
| 输入—输出电压差          | 35V         |
| 输入对地电压            | 7V          |
| $V_{TRIM}$ 对地电压   |             |
| 正                 | 5V          |
| 负                 | - 0.3V      |
| 输出短路持续时间          |             |
| $V_{IN} > 20V$    | 10s         |
| $V_{IN} \leq 20V$ | 无限          |
| 工作温度              |             |
| LT1027M           | - 55 ~ 125℃ |
| LT1027C           | 0 ~ 70℃     |
| 存储温度              | - 65 ~ 150℃ |
| 引线焊接温度(10s)       | 300℃        |

LT1027 电参数( $T_A = 25^{\circ}C$ ,  $V_{IN} = 10V$ ,  $I_{LOAD} = 0$ )

| 符号          | 参 数      | 测试条件                       | 单位    | 最小     | 典型    | 最大     |
|-------------|----------|----------------------------|-------|--------|-------|--------|
| $V_{OUT}$   | 输出电压     | LT1027A                    | V     | 4.9990 | 5.000 | 5.0010 |
|             |          | LT1027B, C, D              | V     | 4.9975 | 5.000 | 5.0025 |
|             |          | LT1027E                    | V     | 4.9950 | 5.000 | 5.0050 |
| $TCV_{OUT}$ | 输出电压温度系数 | LT1027A, B                 | ppm/℃ |        | 1     | 2      |
|             |          | LT1027C                    | ppm/℃ |        | 2     | 3      |
|             |          | LT1027D                    | ppm/℃ |        | 2     | 5      |
|             |          | LT1027E                    | ppm/℃ |        | 3     | 7.5    |
|             | 电压调整率    | $8V \leq V_{IN} \leq 10V$  | ppm/V |        | 6     | 12     |
|             |          |                            | ppm/V |        |       | 25     |
|             |          | $10V \leq V_{IN} \leq 40V$ | ppm/V |        | 3     | 6      |
|             |          |                            | ppm/V |        |       | 8      |



LTC1090 为单片 10 位数据采集系统,LT1006 为精密单电源运放。

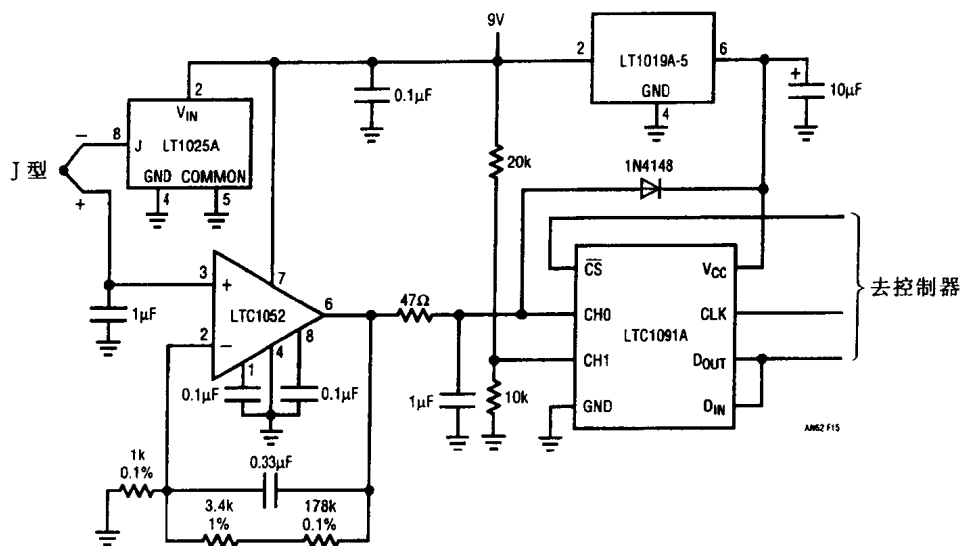


图 1-8 热电偶用于加热炉排气温度监测电路

## 硅温度 A/D 变换器电路

用途:用于温度测量和控制。

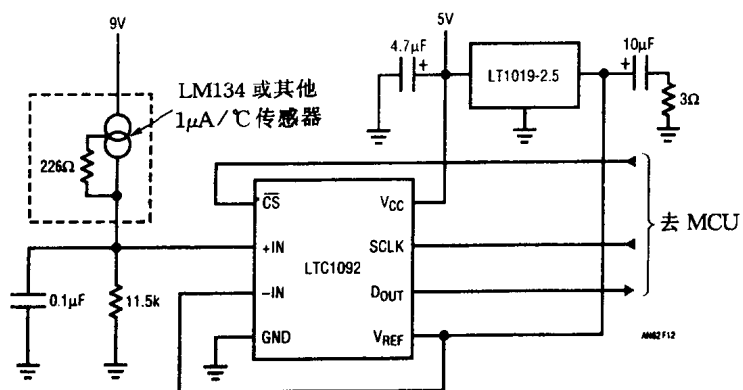


图 1-9 硅温度传感器模数变换电路

电路中的硅传感器为电流输出温度计, LTC1092 为 10 位 A/D 变换器在  $-55^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$  范围, 分辨率为  $0.2^{\circ}\text{C}$ 。LT1019-2.5 为精密基准电源。

生产厂家: LINEAR TECHNOLOGY

## KTY81-210 温度传感器用于 A/D 变换器温度补偿电路

用途:用于带有 A/D 变换器的微控制器电路。

电路中的 KTY81-210 温度传感器与线性电阻  $R_5$  串联, 在  $0 \sim 100^{\circ}\text{C}$  温度范围内及  $1.127\text{V}$  至  $1.886\text{V}$  之间, 分压器提供与温度有关的电压  $V_T$ , 这个电压做为 A/D 变换器的基准,  $V_T$  的线性斜率为  $S = 7.59\text{mV/K}$ 。

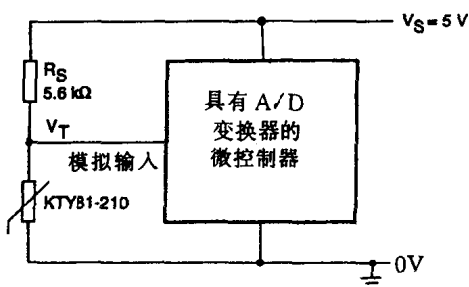


图 1-10 A/D 变换器的温度补偿电路

温度与传感器电阻的关系

| (°C) | (Ω)  | (°C) | (Ω)  |
|------|------|------|------|
| -40  | 355  | 130  | 1197 |
| -30  | 386  | 140  | 1268 |
| -20  | 419  | 150  | 1340 |
| -10  | 455  | 160  | 1415 |
| 0    | 493  | 170  | 1493 |
| 10   | 533  | 180  | 1572 |
| 20   | 576  | 190  | 1654 |
| 25   | 598  | 200  | 1739 |
| 30   | 621  | 210  | 1825 |
| 40   | 668  | 220  | 1914 |
| 50   | 718  | 230  | 2006 |
| 60   | 769  | 240  | 2099 |
| 70   | 824  | 250  | 2195 |
| 80   | 880  | 260  | 2293 |
| 90   | 939  | 270  | 2392 |
| 100  | 1000 | 280  | 2490 |
| 110  | 1063 | 290  | 2584 |
| 120  | 1129 | 300  | 2668 |

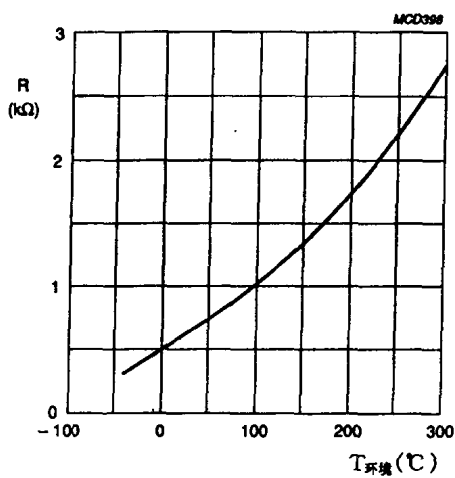


图 1-11 传感器电阻与温度的关系

生产厂家: Philips Semiconductors

### AD22103 型温度传感器电路

用途: 用于电源温度监测、系统温度补偿、电路板温度检测、计算机、小型仪器和工业过程