

数据采集器在工业自动化控制中的应用

Maxim 公司 Thomas Kick

近几年，数字领域出现了多种总线方式，但是在工业控制系统中，信号处理与控制设备间的数据传送仍采用标准的模拟信号。例如，在化工厂的过程发送中，将较低电平的温度和压力信号转换成 4—20mA 电流环信号，可以轻松的将信号传送几千英尺。

在工厂自动控制环境中，为了操纵机器工具和机械臂，速度和位置传感器需产生单极性或双极性的电压信号，典型值为 0V—5V、0V—10V、±5V、或±10V。另外，信号也可以直接取自通用的温度传感器 PT100，输出没有被转换成标准的电压信号——如：10V 或者 20mA。铂金属制成的热敏电阻 PT100，在 0°C 时其标准电阻为 100 Ω，其电阻随温度呈线性变化，可提供较高电平的输出电压（在 1mA 电流源驱动下，输出电压大于 100mV）。

控制功能主要由 PLCs（可编程逻辑控制器）、PCSs（过程控制系统）、或近期被普遍采用的 IPCs（工业个人计算机）。因为这些设备是采用专用处理软件的数字系统，所以所有的模拟信号必须转换为数字信号后计算机才能读取它们。

控制系统中 A/D 转换由模拟外围设备组成。它们通过系统背板总线连接到 CPU，或者通过远端机器的现场总线与 CPU 相连。除数字电路外（用于 CPU 通讯），这些外围单元还包含不同精度的模拟和混合信号元件。由于每块板上需要大量的通道数，对线路板的尺寸要求也极为苛刻，这就使得模拟外围设备的设计面临着缩小体积、降低功耗的挑战。下文介绍了几种信号调理技术和单个芯片实现八通道数字化的方法。

数据采集系统（DAS）

理论上数据采集系统（图 1）包含用于切换输入通道的多路复用器（mux）；为不同输入范围提供增益和偏移电压调节的信号调理电路；模拟—数字转换器（ADC）和电压基准（V_{ref}）。

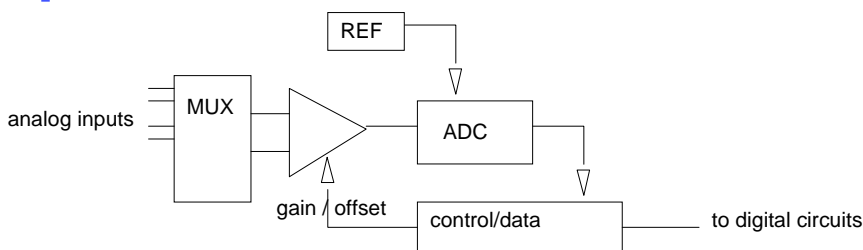


图 1: DAS 结构

集成的 DAS 方案

根据图 1 的 DAS 结构，Maxim 开发了一系列单片数据采集系统，它们能节省印制板面积、减小功耗、缩短设计时间。只需要少数外部元件（某些情况下甚至不需要任何外部元件），能对目前普遍使用的大多数标准信号进行转换。每个芯片包含 12 位 ADC、多路复用器和增益/偏移修正，并且具有串行或并行的数字接口，可方便地与微处理器联接。

图 2 是该系列产品的典型结构，差别主要在数字部分，与微处理器的连接方式不同。每个芯片有六或八个单端模拟输入通道，它们通过具有故障保护功能的多路复用器与内部的 ADC 相连接。每一个通道能承受高达 16.5V 的输入电压，并且每一个通道的故障不影响任何其它通道。

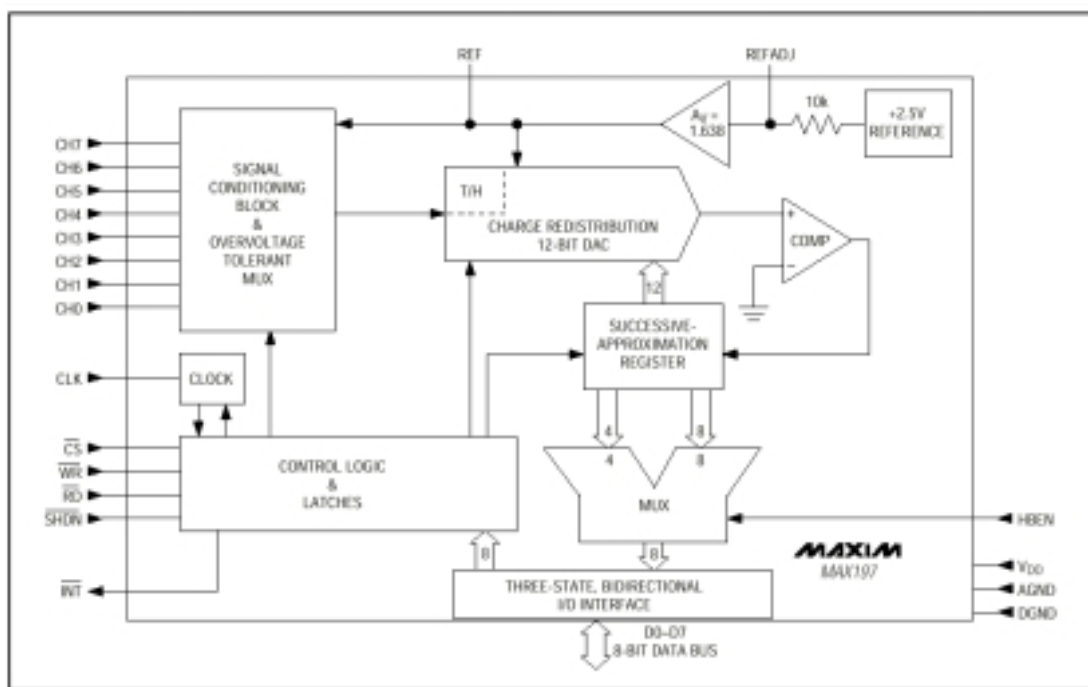


图 2: MAX197 方框图

图二中，各通道能独立地编程为任一个标准输入范围：0--5V、0--10V、±5V 或 ±10V，采用单 5V 供电。其它型号具有相似的增益结构，但可接受的输入范围不同：单极性或双极性的 2V、4V、VREF 或 -VREF，增益可调范围为 2 倍，输入偏移量可调范围达 100%（从 -10V 到 +10V），使动态范围扩大 2 位，系统动态范围达到 14 位。

内部 ADC 采用基于电容 DAC 的 12 位逐次逼近型转换器，其 MSB 电容加倍以作为采样/保持电路的保持电容。每种器件能使用内部振荡器或外部时钟工作。

使用 /WR\ 脉冲开启或停止数据采集，MAX196-MAX199 工作于“外部采集模式”时，能提供相当长的采集时间而不减慢转换速度。该器件较小的孔径延迟和较低的孔径限制（<50ps，外部的时钟采集方式）可精确地控制采样时间。此特点对于相位敏感的应用是非常重要的，如：电源线控制、交流电机控制等。另外，芯片的宽带输入结构所能提供的小信号带宽达 5MHz，允许在输入频率大于 Nyquist 频率时采用欠采样技术。

数字接口

对于需要高速测量的应用最好采用并行数据接口（MAX196-MAX199）。这些器件以 2MHz 的时钟速率工作时，吞吐率能达到 100Ksps，可胜任多数高速环路控制系统的应用。在低速应用中，与 I²C 兼容的串型接口可节省印制板面积、简化 DAS 与微控制器的通讯。这些器件虽具有快速的转换时间（10 μs），但串行接口限制了数据吞吐率（8kbps）。

MAX197 接受 0V--10V，0V--5V，±5V 和 ±10V 输入范围，驱动输入级的信号源阻抗是设计者最为重视的因素。采样时，ADC 将吸取电流脉冲给 T/H 电容器充电（电容 DAC 的 MSB 电容）。这就需要有一个快速建立型运算放大器，并且具有足够快的压摆率，以保证在数据采集时得到足够的建立电压，MXL1013/MXL1014 运算放大器适用于快速采样的应用。如果采用慢速运放，则应延长采样时间。

在许多自动化系统中使用差分输入模式，能有效抑制共模干扰，多数情况下可选用简单的差分放大器（图 3），其输入阻抗大于 1MΩ。（如需更高的输入阻抗，可选用标准的三运放仪表放大器）。图 3 的输出是：

$$V_{OUT} = R_2 (V_+ - V_-) / R_1$$

为了提高共模抑制比，选择 $R_1=R_3$ 和 $R_2=R_4$ 。这种组合的增益为 0.876，允许输出电压范围接近 $\pm 10V$ ，是输入范围的大约 114%。这种调节减小了 $\pm 10V$ 的有效位，约为 11.8 位。

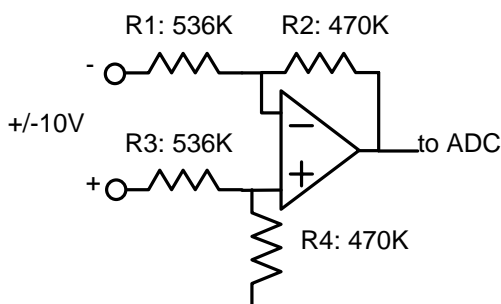


图 3: 差分到单端的输入驱动器

20mA 电流环

电流环能在噪音环境中将小信号传送到较远的距离，过程发送器将多种的物理量如：温度、压力等转换为直流电流信号，电流范围通常为 $0mA-20mA$ 或 $4mA-20mA$ ，然后，通过一个并联电阻产生易于数字化的电压信号。因为驱动环路的电压（包括引线阻抗）很少超过 $15V-18V$ ，电阻值一般限制在几百欧姆（图 4）。

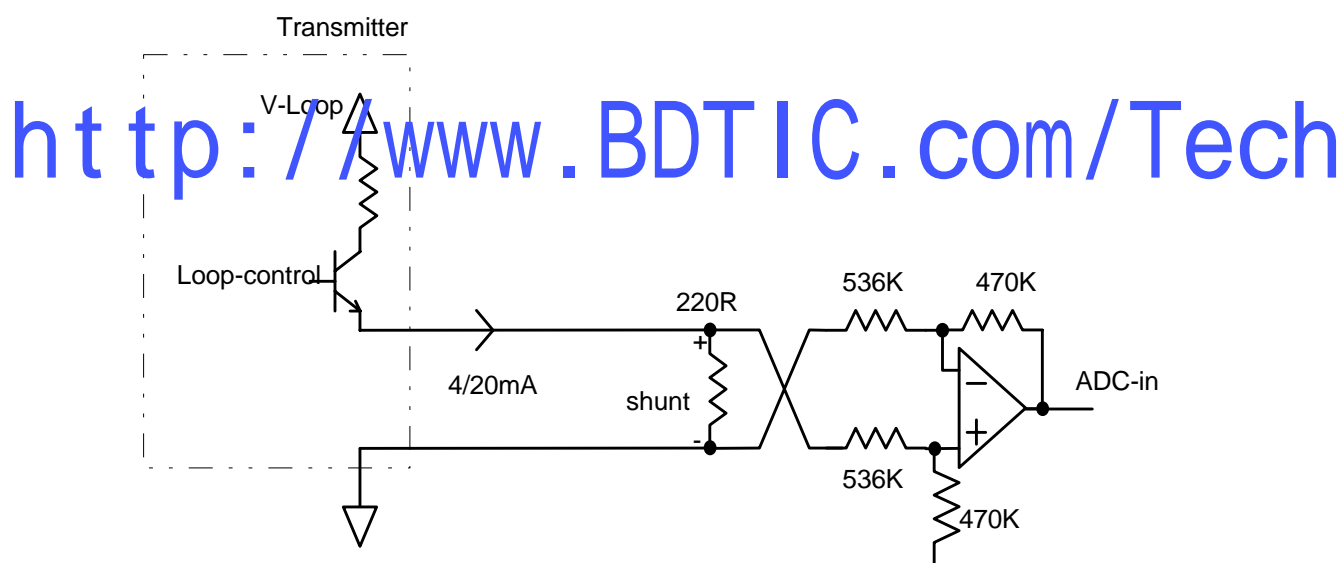


图 4: 0/4-20mA 闭环输入调节电路

该电路和 $\pm 10V$ 的信号调理电路具有相同的差分放大器，它们通过 220Ω 的并联电阻相连接。在 $20mA$ 时压降为 $4.4V$ ，而在 $25mA$ 时压降为 $5.5V$ 。调节差分放大器的增益可使 ADC 输入电压达到最大值 $4.62V$ ，DAS 输入电压为 $0.5V$ 时，最大分辨率为 11.8 位。

在该系列产品中，MAX198/MAX199 和 MAX128 具有最小的信号输入范围，因此需采用小的并联电阻且不需要增益调整，更加适合无需高电平检测的 $20mA$ 测量系统。若将图 4 电路改为 MAX199，输入范围配置成 $0-2V$ ，需将 $536k\Omega$ 电阻改为 $470k\Omega$ ，并选用 86Ω 的并联电阻。

传感器匹配

热电偶、应变片和其它常用的传感器输出低电平非线性信号，对于 EMI 比较敏感。把这信息馈送给控制系统之前， $4-20mA$ 发送器需将信号线性化。温度测量对电路的要求不是很严格，

热敏电阻 (RTD) 所能测量的最高温度为 850℃, 且不需要昂贵的信号调理电路。

最常用的 RTD 是标准的铂温度传感器, 称为 PT100, 0℃ 时电阻为 100 Ω, 线性温度系数为 0.38 Ω/℃, 非线性温度系数非常小, 在一个较窄的范围内, 其电阻-温度变化曲线几乎为线性。热电偶的输出是与两个温度的差相对应的电压值, 而 RTD 的电阻值则代表了绝对温度值。

用 1mA—2mA 的电流源驱动传感器, 通过测量传感器电压完成温度的检测。如果采用较高的电流, 传感器功耗将增大, 会引起传感器自身温度的升高, 产生较大的测量误差。内部 4.096V 基准简化了激励电流的产生方法 (图 5)。

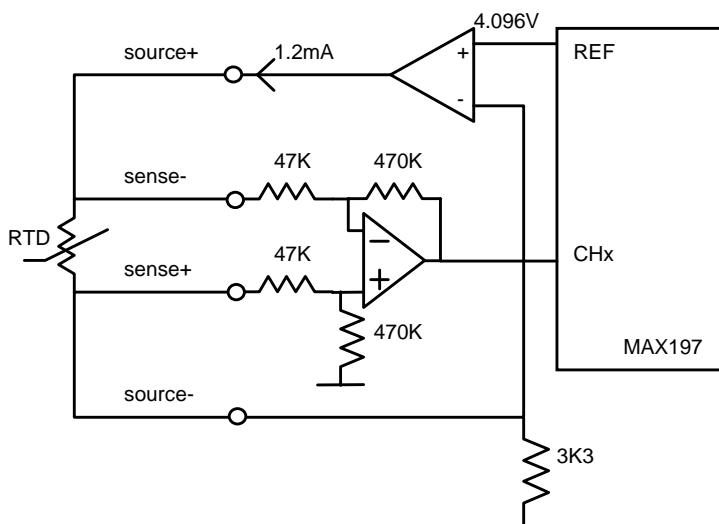


图 5: RTD 输入配置

<http://www.BDTIC.com/Tech>

为避免导线阻抗对测量精度的影响, 利用四根独立的导线将 RTD 联接到差分放大器。因为感应线与一个高输入阻抗放大器相连, 具有非常低的电流, 电压几乎为零。4096mV 基准和 3.3k Ω 反馈电阻器产生的激励电流大约 $4096\text{mV}/3.3\text{k}\Omega=1.24\text{mA}$ 。这样, 驱动 ADC 与激励电流来自同一基准源, 构成一比例测量, 所以基准电压的漂移对转换结果不产生任何影响。

将 MAX197 的输入范围设置为 0V—5V, 差分放大器增益设为 10, 所能测量的电阻值可达 400 Ω, 对应温度 800℃。微处理器能够使用查表法对传感器信号做线性化处理。为了校准系统, 将用精密电阻器 (0℃ 时 100 Ω 和满度时 300 Ω) 代替 RTD 元件, 并且储存转换结果。

为了适应特殊的输入必须采用特殊的电路, 应用下列电路 (图 6) 可使 ADC 适应任何输入信号范围。根据输入引脚和 ADC 输入范围由表 1 选择适当的配置。

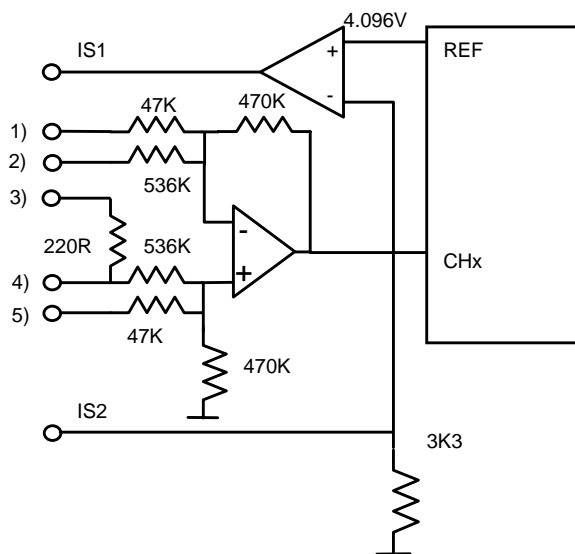


图 6: 通用的输入电路

表 1: 图 6 输入连接

输入	联接→	1	2	3	4	5	ADC 范围
±10V + 过量程			In-		In+		±10V
0mA/4mA--20mA + 过量程			In-	In-	In+		0--5V
RTD		Sns-				Sns+	0--5V

<http://www.BDTIC.com/Tech>