

电力测控装置中基于 MAX125 的交流采样电路分析

王建春，王秀丽

(国电南瑞科技股份有限公司，江苏 南京 210061)

摘 要：在电力系统中，输变电线路的电压、电流等交流量的监测一直占有重要地位，而交流采样的准确性和实时性更是其最基本的要求。本文在分析电力测控装置交流采样电路的同时，着重介绍了 MAX125 芯片的功能特点、引脚含义、工作原理及工作时序，并给出了 MAX125 芯片与 DSP 处理器的接口电路。

关键词：MAX125；A/D 转换；有源滤波；交流采样；电路分析；

0 引言

电力测控装置集遥测、遥信、遥控、通讯等诸多功能于一体，是电网调度自动化系统的重要组成部分。随着电网的容量不断扩大以及结构日趋复杂，测控装置的功能和性能也在不断改进和完善，交流采样作为实时监测、控制、以及调度自动化的前提，其在测控装置的性能中显得尤为重要，而交流采样准确性和实时性一直是相关电力工作者关注的热点问题。

MAX125 是美国 MAXIM（美信）公司生产的 2×4 通道同步采样 14 位逐次逼近型高速 A/D 转换芯片。内部集成了一个参考输入缓冲器，一个可编

程序列发生器，一个 2.5V 的电压基准，一个具有 14 位分辨率、转换时间为 3μs 的逐次逼近型 A/D 转换器，以及 4 个同步采样保持器，采样保持器前均有双路转换开关，可接 8 路模拟信号，实现每次 1~4 路的 A/D 转换，并将转换结果以补码形式存放于 4 个 14 位 RAM 中。

1 电路框图

交流采样电路可通过高精度 PT、CT 将电力系统二次侧的电压、电流变换成可测量的交流小信号，然后通过 A/D 转换得到相应的数字信号，送交 DSP 进行计算。交流采样回路的电路框图如图 1 所示。

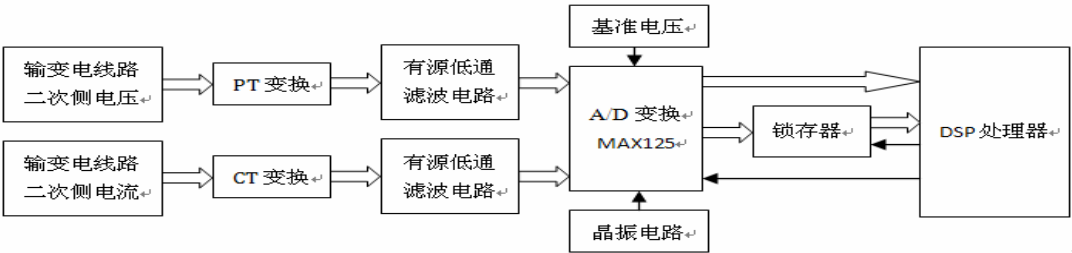


图 1 交流采样电路框图

2 PT、CT 回路分析

交流采样电路的 PT、CT 回路包含了二次侧电压、电流输入，PT、CT 变换，以及有源滤波等电路，其功能是将输变电线路二次侧的电压、电流转换成 -5V ~ +5V 范围内的电压信号以供 MAX125 芯片进行采集。

为提高交流采样精度和消除交流信号的杂波干扰，电路中的 PT 选用 SPT204A 毫安级精密电流型电压互感器，其初、次级线圈匝数比为 1:1，额定

输入电流为 2mA，额定输出电流为 2mA；CT 选用 SCT254AK 精密电流互感器，输入额定电流为 5A，额定输出电流为 2.5mA；运放则选用 Op07 芯片，OP07 是一种低噪声，非斩波稳零的双极性集成运算放大器，具有输入失调电压低，输入偏置电流低、开环增益高、电源电压范围大等特点，特别适用于高增益的测量设备和放大传感器的微弱信号等方面。

单相交流采样 PT、CT 回路的电路图如图 2 和图 3 所示。

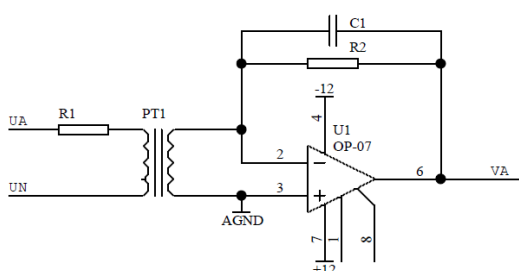


图 2 单相 PT 变换回路的电路图

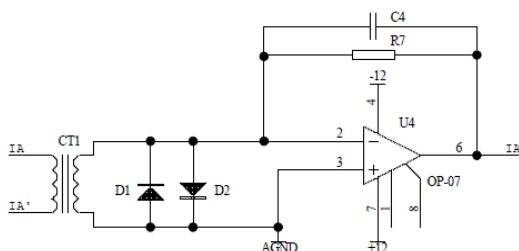


图 3 单相 CT 变换回路的电路图

图 2 所示电路中，由 R_2 、 C_1 以及 OP07 构成的是一个低通滤波电路，根据 SPT204A-2 以及 OP07 运放电路的特性，可得到该 PT 回路的特性方程：

$$\frac{U_A}{R_2} = \frac{V_A}{R_2} + j\omega C_1 V_A \quad (1)$$

$$V_A = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{1+j\omega R_2 C_1} \cdot U_A = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{1}{1+j\frac{\omega}{\omega_c}} \cdot U_A \quad (2)$$

公式(2)中 $\omega_c = \frac{1}{R_2 C_1}$ ，令 $H(j\omega) = \frac{1}{1+j\frac{\omega}{\omega_c}}$ 则 $H(j\omega)$

可用如下方式表示：

$$H(j\omega) = \frac{1}{1+j\frac{\omega}{\omega_c}} = |H(j\omega)| \angle \phi(\omega) \quad (3)$$

$$\phi(\omega) = -\arctan \frac{\omega}{\omega_c} \quad (4)$$

$H(j\omega)$ 的特性曲线如图 4 和图 5 所示。

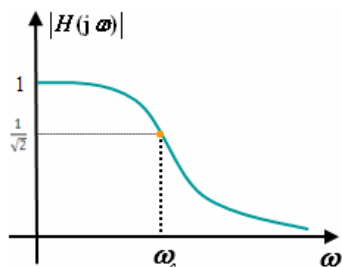


图 4 幅频特性曲线

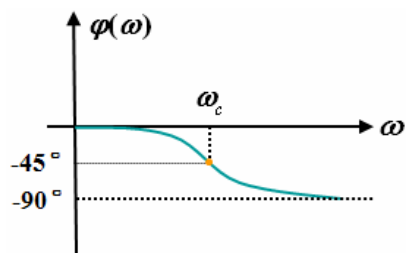


图 5 相频特性曲线

从图 4 和图 5 中可看出，在 $0 \sim \omega_c$ 频率之间，幅频和相频特性近似于一条直线，它可使信号中低于 ω_c 的频率成分几乎不受衰减地通过，而高于 ω_c 的频率成分受到极大的衰减，这样就可有效消除信号中的杂波和干扰，通常 ω_c 称为转折频率。

在 $\omega \ll \omega_c$ 时低通滤波器近似为一个不失真的传输系统。因此在电路设计时可由此选择适当的 R_2 、 C_1 参数，而在电路分析时也可由此来确定电路的特性。

由图 2 和公式(2)可知电路中 R_1 、 R_2 的值决定 PT 回路的增益，其目的就是确保输入 PT1 的电流在其额定范围内同时输出的 V_A 也在 MAX125 的采样范围内。

对于图 3 所示的 CT 变换回路，CT 输出侧的两个反接的二极管 D1、D2 只是起保护 CT 的作用，电路正常工作时不受其影响，除了考虑 CT 的变比之外，其电路特性及分析方法和 PT 变换回路基本相同，因此，这里也就不再做详尽的描述。

3 A/D 变换及接口电路分析

输变电系统二次侧的电压、电流经过上述 PT、CT 回路后，可变换为同相的 $-5V \sim +5V$ 范围内的模拟电压信号，然后由 MAX125 变换成可供 DSP 处理和计算的数字信号。

3.1 MAX125 主要特点

MAX125 是美国 MAXIM 公司生产的 2×4 通道同步采样 14 位逐次逼近型高速 A/D 转换芯片。可接入 8 路模拟信号，分为 A、B 两组，通过编程可将 4 个采样保持器接至 A 组或 B 组的输入端，实现每次 1~4 路的 A/D 转换，转换结果以补码的形式存放于 4 个 14 位 RAM 中，转换结束后通过连续的读操作可以依次读取每个通道的转换结果。MAX125 芯片的主要特点如下：

1) 八个模拟量输入通道，八种转换工作模式和一种省电模式；

- 2) 模数转换器的转换时间为 3μs;
- 3) 采样速率: 单通道 150ksps、双通道 142ksps、三通道 100ksps、四通道 76ksps;
- 4) 采样电压范围为-5V~+5V, 具有高达±17V 的过电压保护电路;
- 5) 参考电压可选用器件内部提供的 2.5V, 也可选用外部参考电压;
- 6) ±5V 双极性工作电源;
- 7) 内部集成可编程序列发生器的时钟频率为 0.1MHz~16MHz。

3.2 MAX125 的引脚功能

MAX125 的引脚功能见图 6 和表 1。

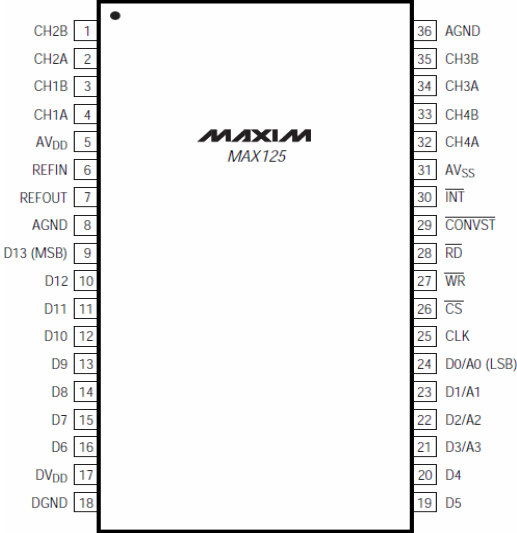


图 6 MAX125 芯片的引脚定义

表 1 MAX125 引脚功能

引脚编号	引脚名称	引脚功能
1,2	CH2B,CH2A	通道 2 复用输入端, 单端信号
3,4	CH1B,CH1A	通道 1 复用输入端, 单端信号
5,31	AV _{DD} ,AV _{SS}	+5V 模拟电源和-5V 模拟电源
6	REFIN	外部基准电压输入/内部基准电压输出, 接 0.1μF 电容器到模拟地
7	REFOUT	基准电压缓冲输出端, 接 4.7μF 电容器到模拟地
8,36	AGND	模拟地
9-16,19,20	D13-D6,D5,D4	数据总线
17	DV _{DD}	+5V 数字电源
18	DGND	数字地
21-24	D3/A3-D0/A0	双向数据/地址总线, D0/A0 为最低位
25	CLK	时钟输入信号
26	CS	片选信号 (低电平有效)
27,28	WR, RD	写信号, 读信号 (低电平有效)
29	CONVST	转换启动信号 (低电平有效), 上升沿启动采样和转换序列
30	INT	中断输出 (低电平有效), 下降沿表示转换过程结束
32,33	CH4A,CH4B	通道 4 复用输入端, 单端信号
34,35	CH3A,CH3B	通道 3 复用输入端, 单端信号

3.3 MAX125 工作时序

MAX125 芯片的控制字 (A0~A3) 输入和数据 (D0~D13) 输出通过复用的三态双向接口进行, 读写操作由 CS、WR、RD 等信号控制, 当 CS 为高电平时, WR、RD 不起作用且所有数据接口均为高阻状态。MAX125 芯片的工作时序如下:

1) 设定工作模式

见表 2, MAX125 芯片共有 8 种转换模式及 1 种省电模式, 加电启动后处于默认工作模式, 即每次仅将 CH1A 端的输入进行转换, 通过对控制字 A0~A3 编程可改变工作模式, 当片选信号 CS 和写信号 WR 同时有效时, 控制字 A0~A3 在 CS 或 WR 上升沿被锁存, 之后芯片开始在指定模式下工作, 直到断电或下一次控制字写入为止。

表 2 MAX125 的工作模式

A3	A2	A1	A0	转换时间	转换模式
0	0	0	0	3 μs	CH1A 单通道转换 (上电默认)
0	0	0	1	6 μs	CH1A~CH2A 双通道转换
0	0	1	0	9 μs	CH1A~CH3A 三通道转换
0	0	1	1	12 μs	CH1A~CH4A 四通道转换
0	1	0	0	3 μs	CH1B 单通道转换
0	1	0	1	6 μs	CH1B~CH2B 双通道转换
0	1	1	0	9 μs	CH1B~CH3B 三通道转换
0	1	1	1	12 μs	CH1B~CH4B 四通道转换
1	x	x	x	---	省电模式

2) 启动转换

MAX125 在 CONVST 信号上升沿启动一次 A/D 转换, 转换时间取决于转换模式中的通道数量, 在转换期间采样保持器处于保持状态, CONVST 信号也将被忽略。在转换模式中的所有通道转换结束后 INT 端的输出变为低电平, 采样保持器恢复采样状态。

3) 读取转换数据

利用 MAX125 的 CS、RD 信号控制读操作可经过并行 I/O 接口依次读取片内 RAM 中的转换数据。CS 为低电平时, 第一个 RD 信号到来后读取 CH1 的数据, 同时 INT 信号恢复为高电平, 在每个 RD 信号的上升沿, 片内地址指针前移一步自动指向下一通道, 对于 n 通道的转换过程 (1≤n≤4), 在 n 个 RD 脉冲后, 地址指针复位至 CH1。

3.4 MAX125 接口电路

MAX125 接口电路如图 7 所示, 电路中 MAX125 使用片内基准电压, 应在 REFIN 端与模拟地之间接一个 0.1μF 的旁路电容, 而在 REFOUT 端与模拟地之间接一个 4.7μF-22μF 的旁路电容, 用于

滤除电路中信号的高频杂波。

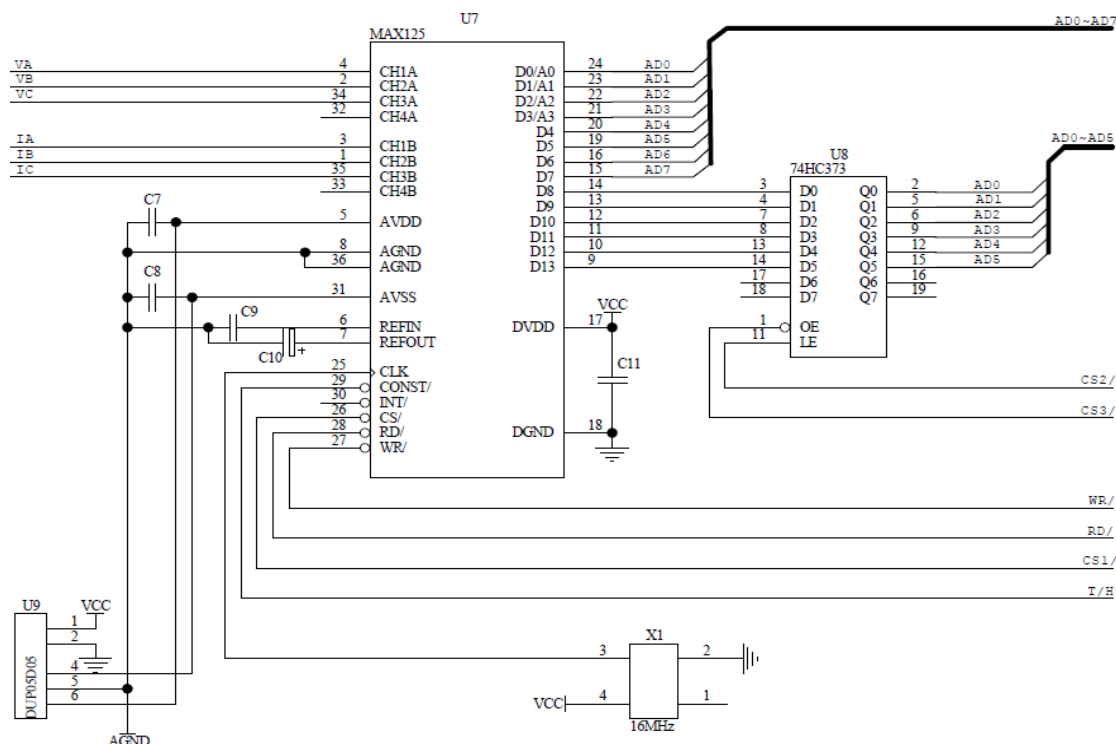


图 7 MAX125 芯片与 PT、CT 回路及 DSP 处理器的接口电路图

DUP05D05 可提供 MAX125 的双极性工作电源，其输入电压范围 4.5~5.5V，输出电压为 $\pm 5V$ 。16MHz 的晶振提供内部集成可编程序列发生器的时钟频率。

对电压信号进行采样时，可将 MAX125 工作模式设置为 CH1A~CH3A 三通道转换，转换结束后，通过连续三次的读操作分别得到 UA、UB、UC 的 14 位补码数据。

对电流信号进行采样时，可将 MAX125 工作模式设置为 CH1B~CH3B 三通道转换，转换结束后，通过连续三次的读操作分别得到 IA、IB、IC 的 14 位补码数据。

MAX125 的 I/O 端口 D0~D7 通过 8 位数据总线连接到 DSP 处理器，用于接收工作模式控制字以及输出转换数据的低 8 位，而 D8~D13 则通过 74HC373 锁存器与 8 位数据总线相连，这样 DSP 处理器经过两次总线访问即可获取 14 位的转换数据。

74HC373 是三态同相八 D 锁存器，用于地址锁存或 I/O 输出，输出端 O0~O7 可直接与总线相连。其引脚定义如图 8 所示。

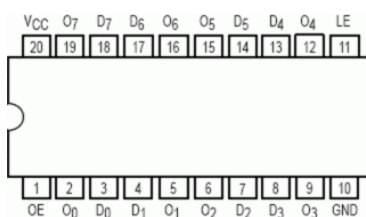


图 8 74HC373 引脚定义

当锁存允许端 LE 为高电平时输出 O 随数据 D 而变。当 LE 为低电平时，O 被锁存在已建立的数据电平。

当三态允许控制端 OE 为低电平时，输出 O0~O7 为正常逻辑状态，可驱动总线。当 OE 为高电平时，输出 O0~O7 呈高阻态，但锁存器内部的逻辑操作不受影响

4 结束语

MAX125 的转换过程及 14 位的采样精度，极大简化了电路设计和软件编程工作，进行完采样后即可很快进行三相电压有效值、三相电流有效值、有功功率、无功功率和功率因素的计算，可满足大部分电力测控装置的精度要求。本文在构建交流采样回路的基础上，对交流采样电路各组成部分及其

元器件的功能和参数进行了分析,对理解电力系统交流采样原理和设计监控系统的交流采样电路有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 王远.模拟电子技术(第 2 版)[M].北京:机械工业出版社,2000.298-339.
- [2] 邱关源.电路(第四版)[M].北京:高等教育出版社,1999.111-187.
- [3] 秦娟英,陆家珍.基于 DSP 的交流采样及其实现[J].自动化仪器仪表,2003,(4):54-56.
- [4] 张新荣.ADC 器件 MAX125 的功能及应用[J].陕西工学院学报,2003,19(3):36-38.
- [5] 李培全,马云峰.同步采样 A/D 转换器 MAX125 的原理与应用[J].国外电子测量技术,2000,(2):44-47.
- [6] 刘军,陈静.基于交流采样的电网电压智能监测仪的设计

[J].电子设计工程,2009,(6):59-60.

作者简介:

王建春(1979-),男,助理工程师,本科学士,毕业于南京东南大学电气工程系,现工作于江苏省南京市国电南瑞科技股份有限公司变电技术分公司测试部,主要从事电力系统自动化方面的研究与测试工作, E-mail: wjc0308@126.com;

王秀丽(1979-),女,助理工程师,本科学士,毕业于南京东南大学电气工程系,现工作于江苏省南京市国电南瑞科技股份有限公司变电技术分公司测试部,主要从事电力系统自动化方面的研究与测试工作, E-mail: dhdaisy@sina.com。