



安森美半导体
ON Semiconductor®

安森美半导体针对智能电表 PLC 通信应用的线路驱动器

在方兴未艾的智能电网应用中，智能电表发挥关键作用。设计人员需要为智能电表与数据集中器之间的通信选择适合的通信方式。而电力线载波(PLC)技术利用电力线作为数据传输介质，利用已有的电力配电网进行通信，不需要重新布线，信号不会因为通过建筑物墙壁而受到衰减甚至屏蔽，而且成本相对较为低廉，故在智能电表以及路灯和智能插头等应用中颇受青睐。当今世界上许多国家或地区都已经或即将部署智能电表系统，并采用 PLC 自动远程抄表方式。如欧盟要求成员国在 2022 年前将电表全部更换为智能电表。一些业界先导公司及其先期试验项目也颇具示范及借鉴意义。如法国启动了备受业界关注的 Linky 电表项目，计划在 2012 年到 2017 年间，将法国的 3,500 万只传统电表统一更新为 Linky 智能电表。这个项目为智能电表到数据集中器之间的通信选择了 PLC 技术，然后再利用通用分组无线业务(GPRS)技术将数据传送到该公司的数据中心。

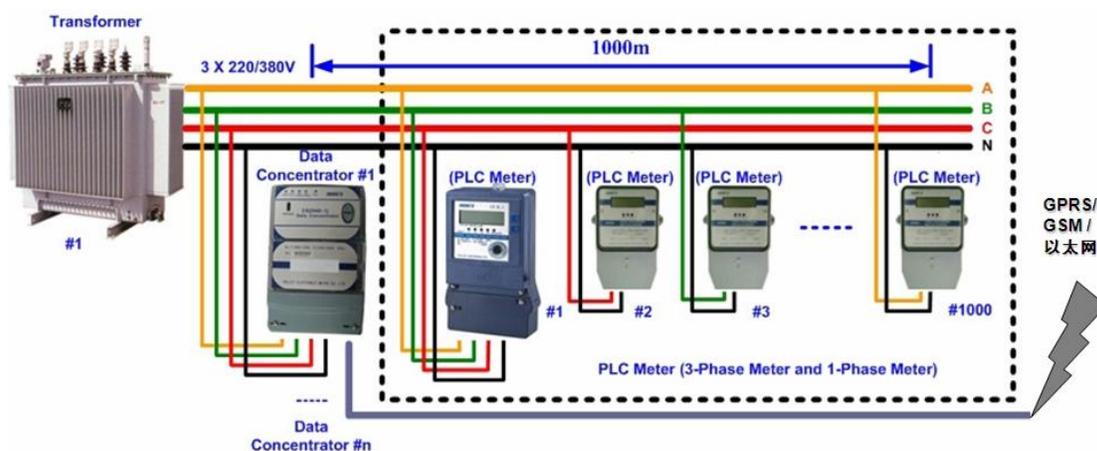


图 1: 典型的 PLC 智能电表网络示意图。

PLC 智能电表应用涉及 PLC 电表(单相或三相)、数据集中器、耦合变压器及相关电缆等组件。图 1 显示的是典型的 PLC 智能电表网络示意图。由图可见，为数众多的 PLC 智能电表通过电力线连接至数据集中器，然后再藉 GPRS、GSM 或以太网等方式将数据从集中器传送至电力机构的数据中心。

数据信号在 PLC 电表网络中的传输包含发送和接收两方面。在发送路径方面，集成在电表中的 PLC 调制解调器调制出 S-FSK 信号，经过 PLC 线路驱动器放大和滤波后，经变压器耦合到电力线上。变压器实现电压变换和阻抗匹配，也用于强电(特点是电压高、电流大、功率大、频率低，处理的对象是电力)和弱电(特点是电压低、电流小、功率小、频率高，处理的对象是信息)的隔离。在接收路径方面，变压器从电力线耦合过来的信号经过调制解调器内置放大器构成的低通滤波器后传送至应用微控制器进行 FSK 解调分析。

如上所述，线路驱动在 PLC 通信应用中用于功率发射部分，是 PLC 的重要组成部分(参见图 2)，故需要为应用选择适合的 PLC 线路驱动器。这样的线路驱动器要求具有大输出电流能力、低压

降、低谐波失真、宽工作温度范围和便于散热等特性。此外，前述 ERDF 的 Linky 项目需要符合严格的欧洲 EN-50065 规范，故除了调制解调器，参照此项目的设计中，线路驱动器也需要配合遵从这规范。

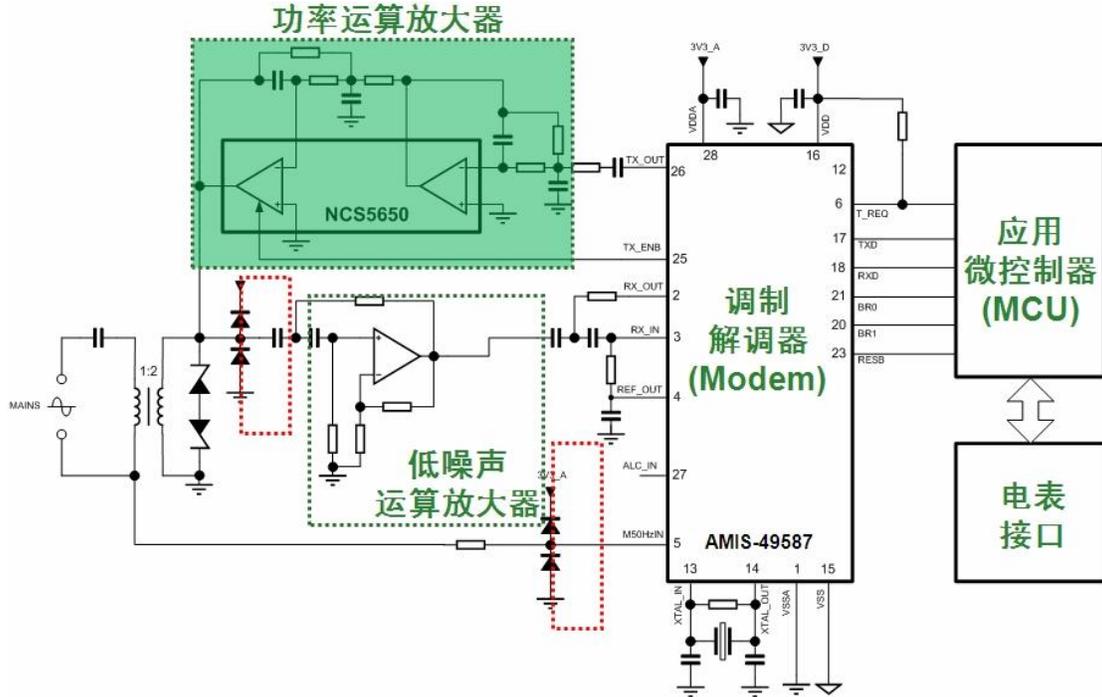


图 2：线路驱动器是智能电表 PLC 通信应用的重要组成部分。

安森美半导体 NCS5650 PLC 线路驱动器的优势

安森美半导体针对 PLC 线路驱动应用推出了一款高效的 A/B 类低失真线路驱动器——NCS5650。这器件的电源电压(V_{CC})为单端 6 至 12 V 或双平衡 ± 3.0 至 ± 6.0 V。NCS5650 的设计经过了优化，接收 PLC 调制解调器输送的信号，输出段设计成能够驱动高达 2 A 的电流，经隔离变压器或简单的线圈耦合至交流主电源。

NCS5650 符合 PLC 线路驱动器的应用要求，提供重要的应用优势。如该器件针对欧洲电工标准化委员会(CENELEC)用于智能电表的 A、B、C 和 D 频段进行了优化，符合 EN-50065 规范，可用于直接耦合或按 1: 1、2: 1 变压比耦合。NCS5650 独特的 2 A 驱动能力确保在很低电力线阻抗时也可保持有效的通信。

该器件除了对信号进行功率放大外，集成的两级运算放大器的结构还组成了衰减特性很陡的 4 阶低通滤波器，除了帮助减少器件数量进而节省成本，在对电力线接入设备有严格限制的欧洲，只有增加类似的滤波器，才能够保证系统对电力线的高频干扰注入满足 EN-50065 规范的要求。另外，这种结构也使故障告警不需要外部电平转换，可以直接与 MCU 接口。

NCS5650 在电气性能上也颇具优势。两级运算放大可以实现 700 kHz 的全功率带宽，谐波失真也很低，仅为 0.015 % @ 1 kHz。这器件的功耗也很低，轨到轨压差低至仅为 0.5 V，工作模式静态电流仅为 20 mA，关断模式下的电流仅为 150 μ A。

NCS5650 支持 -40°C 到 $+125^{\circ}\text{C}$ 的宽工作结温范围，具备 160°C 过温关断保护能力。该器件提供两个带磁滞功能的独立热标记(flag)，其中一个热警告标记，让用户知道内部结温已经达到用户设

定的热警告阈值，另一个是热误差标记，提示内部结温已超过 150°C。NCS5650 采用 4 mm x 4 mm QFN20 小型封装，带导热板，易于散热。

值得一提的是，NCS5650 除了可以用于 PLC 智能电表，还可应用于音频次重低音扬声器、数据采集设备、智能电器、阀/制动器驱动器、电机驱动器和测试设备等应用。

NCS5650 典型应用设计

前面介绍了 NCS5650 的主要优势，接下来我们就分析这器件的一些典型应用设计，如多点反馈 (MFB) 滤波器设计、限流点设定和过流告警、过温关断告警及设定等。

实际上，欧洲电工标准化委员会 EN-50065-1 是一项针对频率范围在 3 kHz 到 148.5 kHz 范围之间的低压电气设备信令的欧洲标准。更具体地讲，这标准的第一部分涉及的注入到电气主电源上的频段及电磁干扰。符合这要求的一种可行方法就是在调制解调器输出与连接至交流主电源的隔离变压器之间设置 4 阶滤波器。我们可以采用 MFB 滤波器拓扑结构来帮助符合这项标准的要求。4 阶点滤波器要求应用 2 个运算放大器。而安森美半导体的 NCS5650 拥有输入预放大器和输出功率放大器(参见图 2)，因此仅需要电阻和电容等无源元件。这也是我们需要计算的对象。输入预放大器的电路图如图 3(a)所示，而 4 阶低通滤波效果见 3(b)。

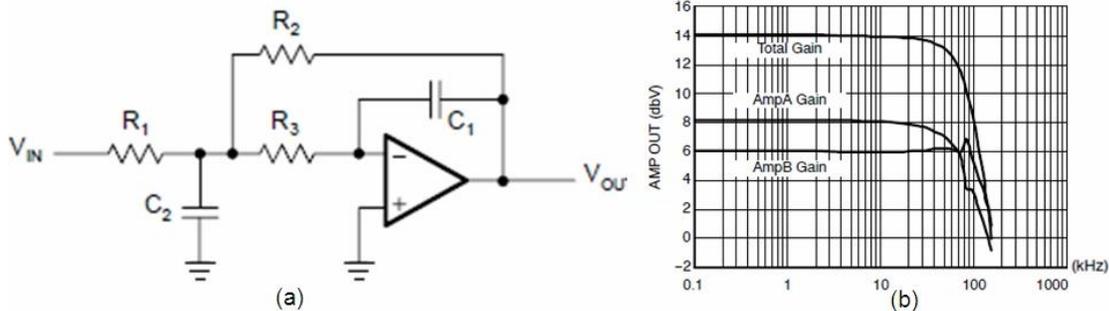


图 3: NCS5650 的输入预放大器电路图(a)及 4 阶低通滤波效果(b)。

这输入预放大器的增益函数如下所示：

$$A(s) = -\frac{\frac{R_2}{R_1}}{1 + \omega_c C_1 \left(R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1} \right) s + \omega_c^2 C_1 C_2 R_2 R_3 s^2}$$

再结合其它公式(参见参考资料 1)的情况下，就可以计算出 R₁、R₂ 和 R₃ 的值。

在 NCS5650 应用设计中，限流点设定也很重要。实际上，NCS5650 的 2 A 输出电流可以通过在引脚 15 与 V_{EE}(放大器负电源，引脚 10 或 11)之间简单增加一颗限流电阻(R_{Limit})来设定。流出或流入功率放大器的电流超过设定点时，过流告警 I_{LIM} 标记会变为逻辑高电平，提示用户采取必要措施。过流消失(即输出电流恢复)后，I_{LIM} 标记将恢复为逻辑低电平。限流设定公式为：

$$I_{LIM} = (1.215/R_{CL}) \times 8197.$$

此外，在负载比较大或过流的情况下，放大器温度将升高，内部结温超过 160 度时，器件将进入关断模式以防止受损，这时引脚 17 的 TSD 标记会变为逻辑高电平；结温回落到约 145 度以下时，器件恢复为启用模式。如果用户想避免放大器进入过热关断状态，可以通过热告警功能来监测结温。用户可以通过在引脚 14 上施加相应电压来选择 105°C 至 145°C 范围之间的任意告警结温

(T_{warn})。可以用一种简单的方法来应用这种功能，即设定 V_{CC} (引脚 6、7)与 V_{EE} 之间的分压器的比例。设定 NCS5650 热告警温度要求的电压比的计算公式为： $VTW=6.665 \times 10^{-3}(T_J)+1.72$ 。

安森美半导体为智能电表应用提供完整方案

安森美半导体为智能电表应用提供完整的解决方案，除了上述 PLC 线路驱动器，还提供新的符合 ERDF 规范的 PLC 调制解调器 AMIS-49587 以及经过了 8 年工业现场应用检测的 AMIS-30585。其中，AMIS-49587 支持 2.4 kb 的半双工可调节通信速率，目前已经获得法国原设备制造商 (OEM) 的先期使用，在中国也已获得数家领先电表客户的选用。此外，安森美半导体提供用于电源管理、测量和存储等关键功能的解决方案。如在电源管理模块，可以应用安森美半导体的 NCP1014、NCP1015 等 AC-DC 转换器，LM2596、NCP3063 和 CS51411 等 DC-DC 转换器，MC78L05、MC7805、CAT6217 和 CAT6219 等低压降(LDO)稳压器，以及 NTMFS4823 等中压及高压 FET。此外，在智能电表应用中，也可采用安森美半导体系列 EEPROM、SDRM 等存储器，以及 ESD/TVS、SIM 卡接口、逻辑、USB 保护、监控、I/O 扩展、时钟和温度传感器等。

总结：

在方兴未艾的智能电网应用中，智能电表发挥关键作用。设计人员需要为 PLC 智能电表通信选择适合的线路驱动器方案。安森美半导体用于 PLC 的线路驱动器产品 NCS5650 符合严格的欧洲 EN-50065 规范，并提供多种应用优势，非常适合 PLC 线路驱动应用，同时还可拓展至更宽应用范围。安森美半导体更为智能电表应用提供包括电源/电源管理及保护、通信、测量和存储等关键功能的完整解决方案，方便客户的选择，帮助他们降低采购成本及加快产品上市。

参考资料：

- 1、《[安森美半导体线路驱动器在 PLC 中的应用](#)》网上广播演示资料，安森美半导体
- 2、《[NCS5650 散热考虑应用笔记](#)》，安森美半导体
www.onsemi.cn/pub/Collateral/AND8402-D.PDF
- 3、《[NCS5650 数据手册](#)》，安森美半导体
www.onsemi.com/pub/Collateral/NCS5650-D.PDF
- 4、《[如何为智能电表选择适合的 PLC 调制解调器方案?](#)》，安森美半导体