

基于 C2000 的集成电力线载波通信功能(PLC)光伏逆变系统

张凌岚, 朱桦

MCU FAE Team

摘要

通信功能作为光伏逆变系统不可或缺的重要组成部分，其主要用于对分布式逆变器状态的远程监测和控制。电力线载波通信（以下简称“PLC”）是指将已有的电力线网络作为通信媒介实现通信的一种方法，将 PLC 功能加入光伏逆变系统，相对于其他类型通信方法而言，可以更好地降低成本、简化系统复杂性。本文着重介绍一种基于 TI 的 TMS320F28035（以下简称“F28035”）和 TMS320F28069（以下简称“F28069”）的单芯片光伏逆变器+PLC 解决方案，并给出系统框图及软件流程图。

目录

1	具有 PLC 通信功能的光伏逆变器应用介绍	2
2	PLC 方案介绍	3
	2.1 PLC 概况及 TI PLC 方案介绍.....	3
	2.2 TI PLC Lite 标准介绍.....	5
3	系统设计方案	5
	3.1 PLC 外部独立模块系统.....	5
	3.2 PLC 内部集成系统.....	6
4	TMS320F28069 简介	7
5	基于 F28035 和 F28069 的集成 PLC 通信功能光伏逆变系统	8
	5.1 系统结构框图.....	8
	5.2 DC/AC 系统软件框图.....	10
6	总结	10
	参考文档.....	11
	附录：AFE031 特性及典型应用原理图.....	11

插图

图 1	使用 PLC 通信的光伏逆变设备区域系统结构	2
图 2	NB PLC 的调制方式	Error! Bookmark not defined.
图 3	PLC Suite 结构框图	4
图 4	TI NB PLC 解决方案	Error! Bookmark not defined.
图 5	PLC Lite 物理层特性参数	Error! Bookmark not defined.
图 6	光伏逆变系统 PLC 外部独立模块系统框图	Error! Bookmark not defined.
图 7	F28069 性能和外设资源	7
图 8	C2000 光伏逆变系统 PLC 内部集成系统框图	8
图 9	F28069 光伏逆变系统 PLC 内部集成系统软件流程图	9
图 10	AFE031 典型应用原理图	10

1 具有 PLC 通信功能的光伏逆变器应用介绍

太阳能作为一种可再生能源，近两年已经在国内外成功用于并网发电。光伏逆变设备从功率上来看大致可划分为三个等级：输出功率大于 6KW 的三相大功率逆变器、输出功率在 1KW 至 6KW 之间的单相中型逆变器以及输出功率在 200W 至 500W 的微逆变器。大功率逆变器的成本高，效率相对较低，并且一般采用集中式拓扑，所以其对通信功能的需求量较少。与之相比，中小功率逆变器近年来在光伏发电市场上受到了更多的关注。

由于中小型逆变器本身功率不大，所以其更多用于微电网中的分布式太阳能发电系统。作为微电网的一个节点，其会在某个区域内有较大数量和较广范围的分布，例如在欧美地区，很多家庭会在屋顶安装这样的中小功率逆变器；在火车站或者工厂的屋顶会使用大量的中小型逆变器来搭建小型电站等等。这样就需要对一定区域内的逆变器进行管理，以便其更有效、安全、稳定的工作并且提供及时的需求和响应，而管理方法就是配以通信模块，以便通过上位机监测所有逆变器状态，并及时进行控制和调度。

无论是白天或者夜晚，我们都需要实时了解控制器的情况，例如逆变器当前工作状态、太阳能电池板的最大功率点追踪情况、当天/当月/当年等的发电千瓦时、当前输出功率/电压/电流等数据都需要被监控。如果使用中小功率逆变器搭建大功率的发电设备，则还会涉及单个发电设备功率因数的调节、防孤岛保护以及多个逆变器之间的相位同步等参数的控制。

从目前来看，最常见的方法就是通过无线（RF）或者 RS485 技术通信。PLC 利用已有的电力线进行传输数据，不需要像 485 总线那样重新铺设新的线路，并且还可以在低成本的情况下实现有效的通信，其相对于 RF 可靠性更高，但相对于 RS485 在鲁棒性上则需要更多的设计优化。通过加入 PLC 模块，光伏逆变系统就成为为微电网的一个节点，可以接受任何在智能电网上传输的数据，有利于今后进一步的功能扩展。

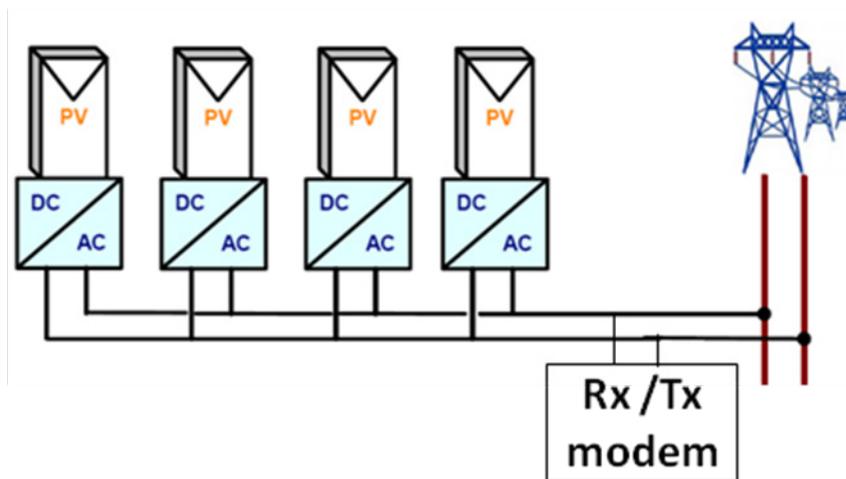


图 1 使用 PLC 通信的光伏逆变设备区域系统结构

图 1 就是一种带有 PLC 功能的光伏发电设备的区域系统框图，在一定区域内给并网的光伏逆变设备安装 PLC 收发设备后，以电力线为总线来通信的拓扑结构。在距离和数量一定的设备之间，需要一个收发调制解调器来进行区域内的数据处理，并且还可以为其扩展上位机从而将数据通过上层网络进行传输。

2 PLC 方案介绍

2.1 PLC 概况及 TI PLC 方案介绍

PLC 技术总体来说可以分为宽带（Broad-band）PLC 和窄带（Narrow-band）PLC 两大类，宽带 PLC 速度一般大于 1MBPS，应用于 Internet 互联网等 local area network 广域网连接的场合；窄带 PLC（以下简称“NBPLC”）适用于长距离、低传输速度、只需窄带控制或者宽数据采集的场合[1]。而中小型光伏逆变设备往往对于其通信模块需要数据高可靠性以及低成本的要求，所以 NB PLC 会更适合于该应用。

目前 PLC 调制技术主要有三大类：单载波类（例如 FSK）、扩展频谱类（例如 S-FSK）、多载波类（例如 OFDM）。前两种从调制方式上看大体可以概括为单载波调制方法，是目前使用比较多的一种技术，其特点就是原理简单，但是速度较慢、鲁棒性也较低。而多载波即 OFDM（正交频分复用调制）是一种更加稳定且数据速率更高的调制技术，其原理就是在单一信道、同一时域传输过程中同时会有多个频率的载波信号进行传输，并且每个载波可以根据需求采用不同的调制方式。相对于单载波调制技术，其优点如下：1）低于 500 KHz 的 PLC 信号能够穿越变压器，因此具有很好的传播特性；2）NB PLC 在使用 MCU 或 DSP 实现时具有较好的成本效益；3）在窄带干扰（以下简称“NBI”）和短脉冲干扰（Impulse）下有很强的鲁棒性（Robustness）；4）频率选择性信道的响应（阻抗特性）较好；5）能够与已有的单载波技术（FSK, S-FSK）共存[1]。6）无需与主电网过零点同步，因此可以用于直流应用（如微逆）。

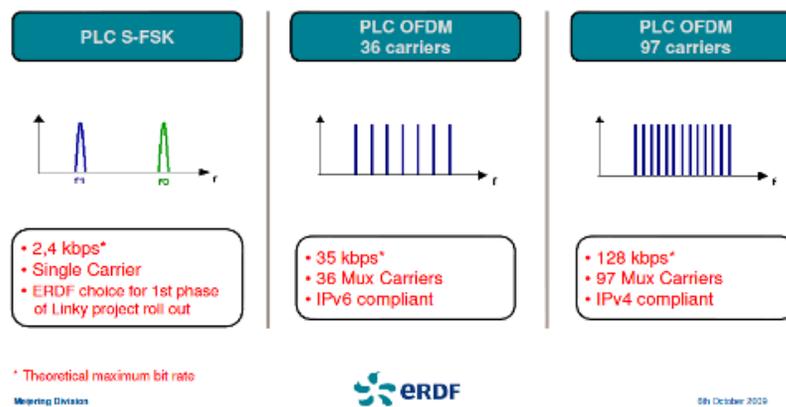


图 2 NB PLC 的调制方式

当前，基于 OFDM 技术的 NB PLC 的 PRIME/G3 标准已经进入了实际部署阶段。而 IEEE P1901.2 和 ITU-T G.hnem 两大国际标准也即将制定完成。TI 在 OFDM 的软件开发上有很好的积累，提供了一系

列针对各种不同标准的固件库，开发人员使用这些固件库的函数来进行开发时，不需要关心其底层设计的复杂时序，并且可以高效灵活的根据自己的需求进行产品定制。图 3 是 TI 的 PLC 开发软件库 (plcSUITE)。

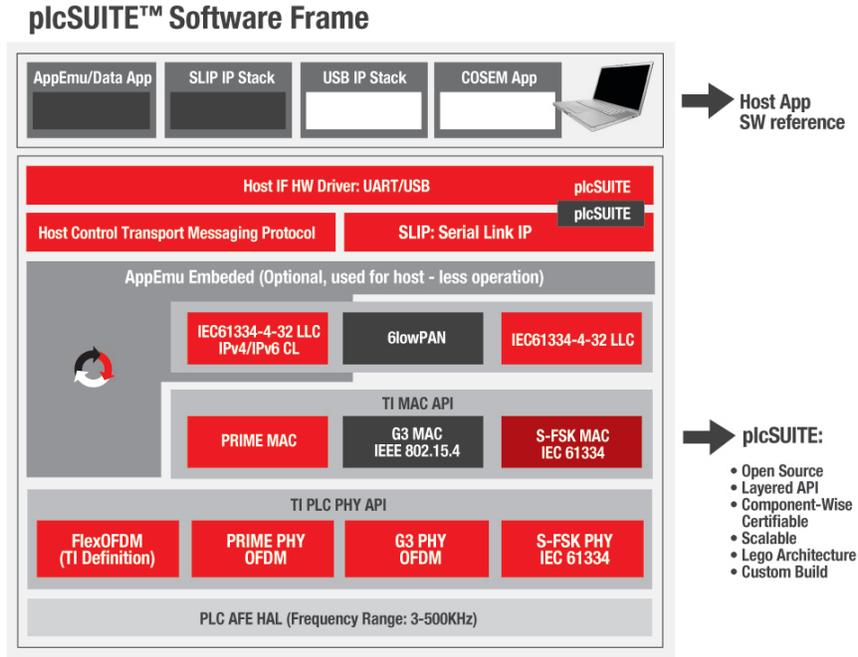


图 3 PLC Suite 结构框图

TI 提供的 plcSUITE™ 软件库解决方案中，包括了已经实际部署 PRIME/G3 协议栈，以及 TI 定义的 PLC Lite 标准。PLC Lite 是 TI 在 PRIME 标准上进行优化得到的一个基于 OFDM 的软件库，下一节会具体介绍其特性。除了提供软件开发固件库外，TI 还提供整套的解决方案包括硬件模拟前端模块，如图 4 所示，C2000 可以作为数字调制解调及网络协议栈实现的处理器，可以使用 plcSUITE™ 中提供的库来进行软件开发，并且将调制好的物理层信号通过 SPI 发送至作为模拟前端的 AFE031/AFE030，然后通过 AF031/AFE030 将数据信号耦合至电力线发送。

TI Narrowband PLC Solution
Flexible, scalable and easy to customize

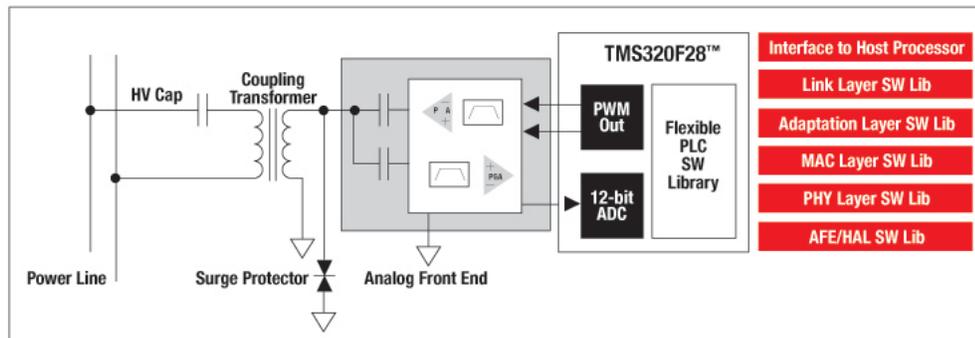


图 4 TI NB PLC 解决方案

2.2 TI PLC Lite 标准介绍^[2]

PRIME 和 G3 标准在制定之初，主要应用对象是类似远程抄表等终端节点多且距离远、传输数据量大的应用，所以在 PRIME 和 G3 标准中会包括物理层、媒体层、逻辑链路层、以及更上层（例如在适配层支持 IPV6 及 IEC61334-32 等）网络层协议。而对于光伏逆变设备，其数据量不大并且在当前大多数应用中，其组网方式相对较简单所以并不需要一个复杂网络协议栈。TI 定义了一个低成本且相对简单的标准 PLC Lite 以应用于光伏逆变、路灯控制等相对简单灵活的网络。而 PLC Lite 本身是由 PRIME 标准优化而来，所以其稳定性也可以得到保证。其特性如下：(1) 可使用 TMS320F28035 contorlCARD 或 TMS320F28069 contorlCARD 作为主控模块；(2)支持 PLC Add-on AFE031 模拟前端驱动模块；(3)支持 47K~90K 半频段（欧洲 CENELEC A 频段标准）、40K~150K 半频段（24K 欧洲 CENELEC A /B/C/D 频段标准）；(4)最高传输速率为 21Kpbs(不使用前向纠错)、11Kpbs（使用前向纠错）；(5)采用 OFDM 调制方式、使用前向纠错功能、每个频率载波采用 DBPSK 调制技术；(6)40K~90K 频段子载波数量为 97 路（1 路导频，96 路数据）；(7)带有重复码纠错功能、CRC8 错误校验、重复码和 RS 前向纠错算法；(8)可通过 UART 发送指令进行调试；(9)可编程控制 AFE031 增益；(10)具有 PRIME 标准物理层特性、增强的 NBI 性能以及支持 MAC 层扩展。

Band	A/B/C/D
Bandwidth	23kHz
Sampling Frequency	500kHz
Data/Header Symbol Duration	2.24ms
Preamble Duration (each)	2.048ms
PHY Data Rate	21 kbps (BPSK) 11 kbps (BPSK + FEC) 2.6 kbps (Robo-4) 1.3 kbps (Robo-8)
Preamble Structure	6 SYNCP, 1 SYNCM
FFT Size	1024
CP Size	96
Number of Subcarriers	49
Subcarrier Spacing	488Hz
Block Interleaver (Robo-4, Robo-8)	4 Symbols
TX Processing	Baseband Processing and Upconvert
IFFT Size	128 Complex
Upsample Ratio	8
RX Processing	Downconvert and Baseband Processing
FFT Size	64 Complex
Downsample Ratio	1/16

图 5 PLC Lite 物理层特性参数

3 系统设计方案

一般来说，带有通信模块的光伏逆变系统都会采用逆变系统外加通信模块的方式来实现，即在一个逆变系统中，加入相关的通信协议，并通过 SCI/SPI 等通信手段与外加的通信模块进行短距离通信，再由通信模块将其发送至外部网络。本章节介绍两种光伏逆变器+PLC 的系统拓扑，并对其特点进行分析。

3.1 PLC 外部独立模块系统

图 6 所示为 PLC 外部独立模块的系统，这样的系统拓扑模块化较好，灵活度较高。由于 PLC 会占用 MCU 大量的片上 ADC 资源，因此 PLC 和逆变系统如果分别独立开发设计则可以降低光伏逆变系统主控 MCU 的负载率。该方案可选择相对性能较低（ADC 相对速度较慢、片上 RAM/FLASH 容量相对较小等）的 MCU 以降低系统成本，但其缺点在于多芯片方案导致外围电路设计复杂且系统成本增加，同时性能较低的 MCU 亦限制了光伏逆变设备总体性能的提高。一般在通信功能为可选的系统（如光伏微逆变器）中会倾向于此类拓扑设计。

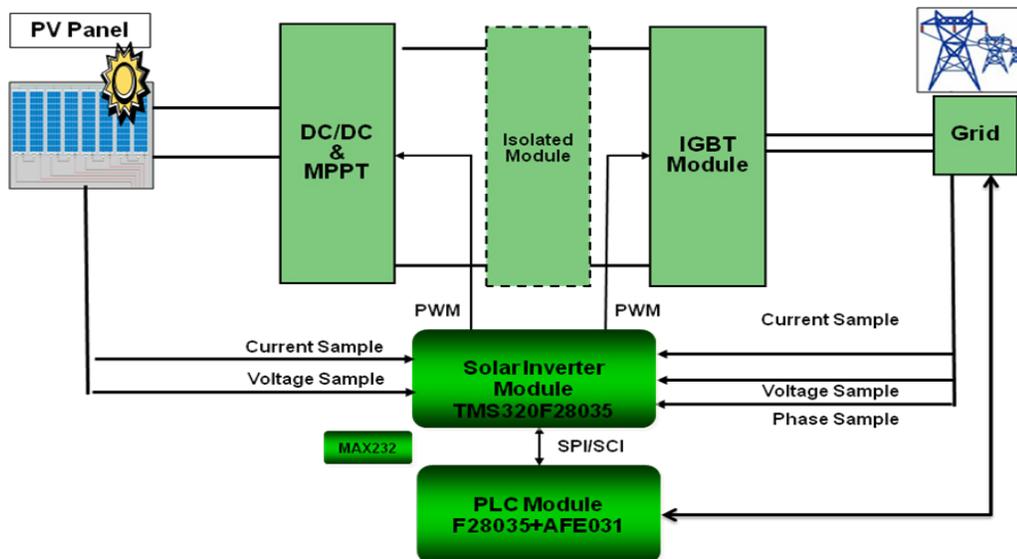


图 6 光伏逆变系统 PLC 外部独立模块系统框图

图 6 为一种基于 TMS320F28035 的带有 PLC 通信功能的光伏逆变系统。其中光伏逆变部分采用两级隔离方式，前级 DC/DC 完成 MPPT 功能，后级 IGBT 模块完成单相逆变，主控系统为两颗 F28035（认证要求）；PLC 模块部分则由另一颗 F28035 单独控制，光伏逆变中的一颗主控 F28035 只需将数据通过 SCI/SPI 发送至 PLC 模块，PLC 模块则通过 AFE031 及电力线将数据发送至网络。因此该系统总共需要使用 3 颗 MCU 来实现。

3.2 PLC 内部集成系统

从图 4 可以看到，TI 的 PLC 方案硬件系统可分为两部分：MCU 和模拟前端。MCU 负责所有的信号接收、解析、处理及发送；模拟前端只负责发送和接收数据：发送——通过 MCU 的片上 SPI 模块（无需 D/A 转换）传送的离散信号经 D/A 转换成连续信号后放大并耦合至电力线；接收——将电力线上的调制信号采样匹配后输送至 MCU 的片上 ADC 单元进行离散采样。通过分析可以发现，只要光伏逆变的主控 MCU 性能足够，即可将 TI PLC 方案的软件部分完全移植至该主控 MCU 中。

对于需要 PLC 功能的光伏逆变设备，该集成拓扑相对于图 6 来说主要减少了一颗高性能的实时控制 MCU，因此系统成本明显降低，但需要注意的是在该 MCU 选型时必须考虑采较强处理能力的内核和外设。理论上来看 PLC 部分和光伏逆变的软件算法可以全部由一颗 MCU 完成，但其中仍存在技术难题，例如 ADC 的采样时序冲突——光伏逆变的 PWM 载波频率一般在 10K~30KHz，所以 ADC 对于电流电压的采样也会与其一致，而 PLC-Lite 的 ADC 采样频率最低为 250KHz，且两者在采样时均需要 ADC 产生中断处理来数据，该问题是此类系统必须要解决的；又如 MCU 在性能与成本之间的折衷——基于 OFDM 的 PLC 需要高速 ADC 采样，因此需要大容量 RAM 和强大数据处理能力的 MCU；逆变系统和 PLC 系统都需要很强的实时处理性能。考虑到以上需求，如选用专用 DSP 芯片不但增加系统成本，还

会增加开发难度，因此如何选用一颗专用 MCU 来并行实现光伏逆变和 PLC 的相关运算是至关重要的。C2000 由于具有出色的实时控制性能，可以很好地解决上述问题。

4 TMS320F28069 简介

TMS320F28069 是 C2000 Piccolo 系列 MCU，基于 C2000 的实时处理 C28 内核、硬件浮点运算器和 90MHz 的主频使其拥有强大的实时运算能力，具有 256K 字节的片上 Flash 和 100K 字节的片上 RAM；6 通道的 DMA 可将 ADC 等外设数据进行快速传输。针对光伏逆变系统，F28069 拥有转换时间为 325ns 的 12 位 16 通道 SAR 型 ADC 以及 19 路高性能 PWM 和 8 路超高分辨率 PWM，可以输出高达 150ps 分辨率的 PWM 信号。同时，针对基于 OFDM 的 PLC 通信，TI 增加了 TMS320C2000 MCU 指令集，新增加的指令集由紧耦合的硬件单元 VCU (Viterbi, Complex Math, CRC Unit) 单元来实现，此运算单元可专门用于运算基于 OFDM 的 PLC 的大容量快速傅里叶变换 (FFT) 以及生成前向纠错码 (FEC) 和 CRC 校验码，其内部还有一个浮点协处理器——控制率加速器 (CLA)，可与主内核并行运算以及拥有和主内核相同的外设使用能力，并且可使用 C 语言在 CCS 环境下进行编程。CLA 最多有 8 个任务，每个任务都可以由外设 (ADC/PWM/定时器) 或软件触发。图 7 为 F28069 的性能和外设资源列表^[3]。

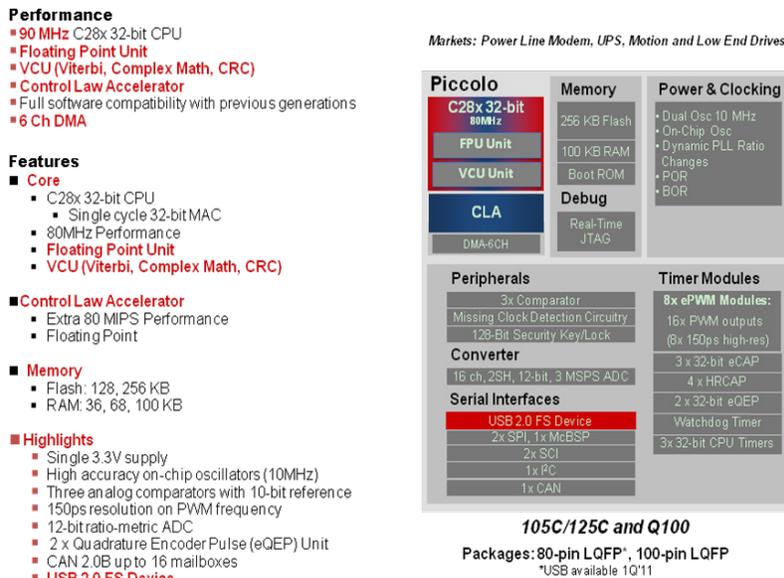


图 7 F28069 性能和外设资源

5 基于 F28035 和 F28069 的集成 PLC 通信功能光伏逆变系统

PLC 在通信时会占用较多的 MCU 资源，所以在 DC/AC+PLC 的单 MCU 解决方案中，F28069 的主内核进行 PLC 运算，其中 ADC 的中断用于 PLC 的高速采样及处理；F28069 内部的 CLA 则用于逆变控

制，每次 PWM 匹配事件发生后，触发 CLA 读取 ADC 转换结果然后更新逆变全桥的 IGBT 驱动 PWM 信号占空比。

5.1 系统结构框图

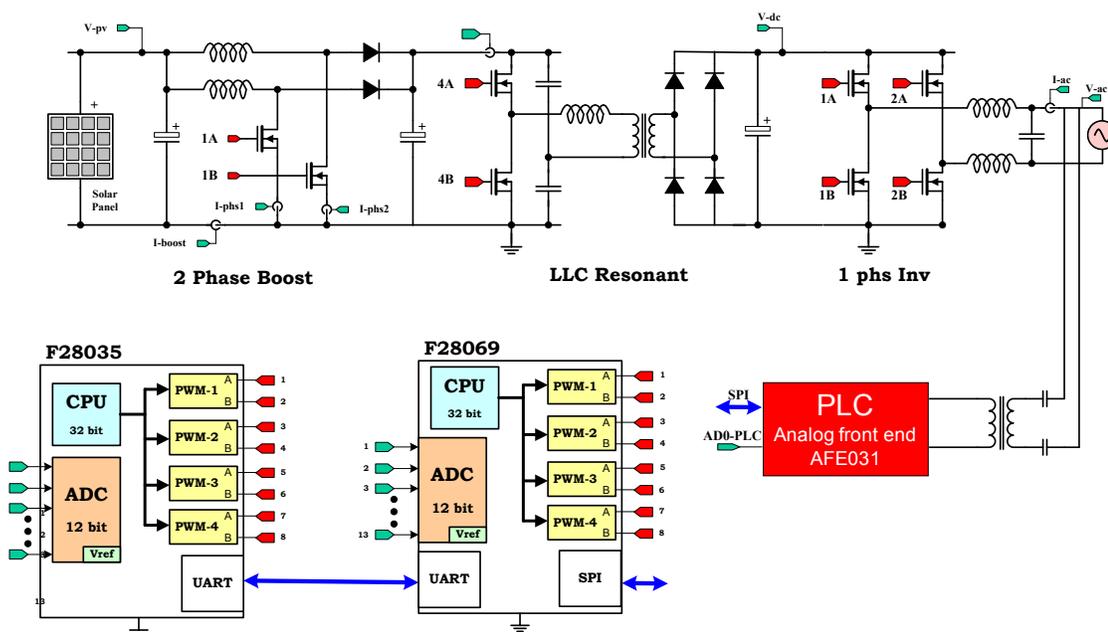


图 2 C2000 光伏逆变系统 PLC 内部集成系统框图

如图 8 所示，光伏电池最大功率点追踪部分采用交错式 BOOST 拓扑，由 F28035 控制；母线电压通过 LLC 隔离后输送至后级 DC/AC 部分。F28069 则运行 DC/AC 和 PLC 两部分代码。DC/AC 部分为单相逆变全桥，PLC 部分则通过 AFE031 模拟前端将数据耦合至电网。两颗 MCU 通过 UART 进行数据通信。

5.2 DC/AC 系统软件框图

为便于系统调试，DC/AC 部分系统分成 3 个 Level: Level1: 开环系统；Level2: 无 PLL 闭环系统；Level3: 带 PLL 可并网系统。软件由 5 个功能模块组成：主函数、CLA Task、PLC Run 函数、ECap1 中断和 SCIB 中断。

主函数由两个部分组成：（1）内核、外设、变量的初始化；（2）任务状态机。函数开始部分，进行主内核运行变量、CLA 以及 PLC 代码的初始化。然后进入 PLC Run 函数、Task A、B、C 四个任务的轮询运行阶段。PLC Run 函数的功能为 PLC 数据接收、发送、解析以及相关变量更新；Task A 为每毫秒运行一次的 Task A0 函数，其中存在 A1 和 A3 两个有效子函数。A1 的功能为每 20ms 检测系统标志位并且更新当前系统状态；A3 轮询当前功能按钮状态以及发出 LED 指示灯控制信号。Task B 是 5ms 轮询的 Task B0 函数，其中有 B1, B2, B3, B4 四个有效任务。B1 的功能是故障检测和系统欠过流、欠

过压的保护；B2 主要进行参数运算，主要为线电压有效值、线电流有效值、当前输出功率的值等；B3 用于系统运行状态检测；B4 的功能是处理两颗 MCU 间的通信以及 F28069 和 GUI 之间的通信。Task C 为 0.5ms 运行一次的 Task C0 函数，它用于检测 SCIA 通信状态。

第二部分是 CLA Task，分为 Task 8 和 Task 3。Task 8 在 CLA 初始化时就通过软件触发，其功能主要是数字电源算法库 DPLIB_C_CLA 以及 CLA 运算参数初始化。Task3 是 PWM3 事件匹配触发，同时会触发 ADC SOC。Task 总体分为两部分：上升沿触发阶段和下降沿触发阶段。

下降沿触发阶段：如果触发任务时 PWM 处于下降沿计数则运行此部分程序。其主要功能是运算线电压、电流的周期有效值，母线电压周期平均值、输出视在功的值并将其存于制定变量等待主内核读取。

上升沿触发阶段：此阶段同样在触发并且 PWM 时基情况下运行。首先是读取外部采样电压、电流值，然后调用数字电源算法库函数中的 2P2Z 模块进行母线电压调节（与 DC/DC 板连接时有效，独自运行时使用常数作为输出结果）并将运算结果作为其中之一的参数输入电流环基准乘法模块。接下来会判断并网标志位状态，如果已经置位即表示当前为并网运行状态，则进行数字 PLL 运算。如果此时为离网运行状态，就跳过此部分进行电流内环调节环运算。最后将电流环运算结果转换为 PWM 占空比值存入相应寄存器。

第三部分 ECap1 中断服务程序用于检测电网相位和频率，作为 PLL 的锁相基准。

第四部分 SCIB 中断用于 F28069 与前级 F28035 通信。F28069 通过 SCIB 采集前级 DC/DC 的运行状态，并将其上传至上位机显示。

第五部分是整个系统的关键部分 PLC Run 函数，在第一部分已提到，该函数会在系统状态机每次轮询的时候调用，其内部的定时器中断、ADC 中断服务函数以及底层解码函数都封装在 PLC Lite 中。只需先设定中断函数入口地址、系统频率等参数后，调用初始化函数 HAL_afelnit(), 即可完成底层外设的初始化。

整个系统的关键在于 ADC 的复用和同步，上文已经提及，ADC 在 PLC 中的采样频率为 250KHZ，为了保证 ADC 采样的同步，逆变系统的载波周期就必须与其成倍数关系，同时，由于输出正弦信号需为 50HZ，所以同时也需要是 50HZ 的倍数，由于 IGBT 的开关频范围有限，故选择 25KHZ 为输出 SPWM 信号的载波频率。这样 PLC 每进行 10 次采样，逆变部分的信号进行 1 次采样，并且通过 EPWM 模块的同步功能可保证两者的采样不冲突。PLC 部分占用的 ADC 会触发主内核中断。而逆变部分则如前文所述触发 CLA 运算，这样系统就在同一时间并行运行两种功能，减小了整个系统的时间复杂度并且增加了 MCU 的利用率。图 9 为系统软件流程图。

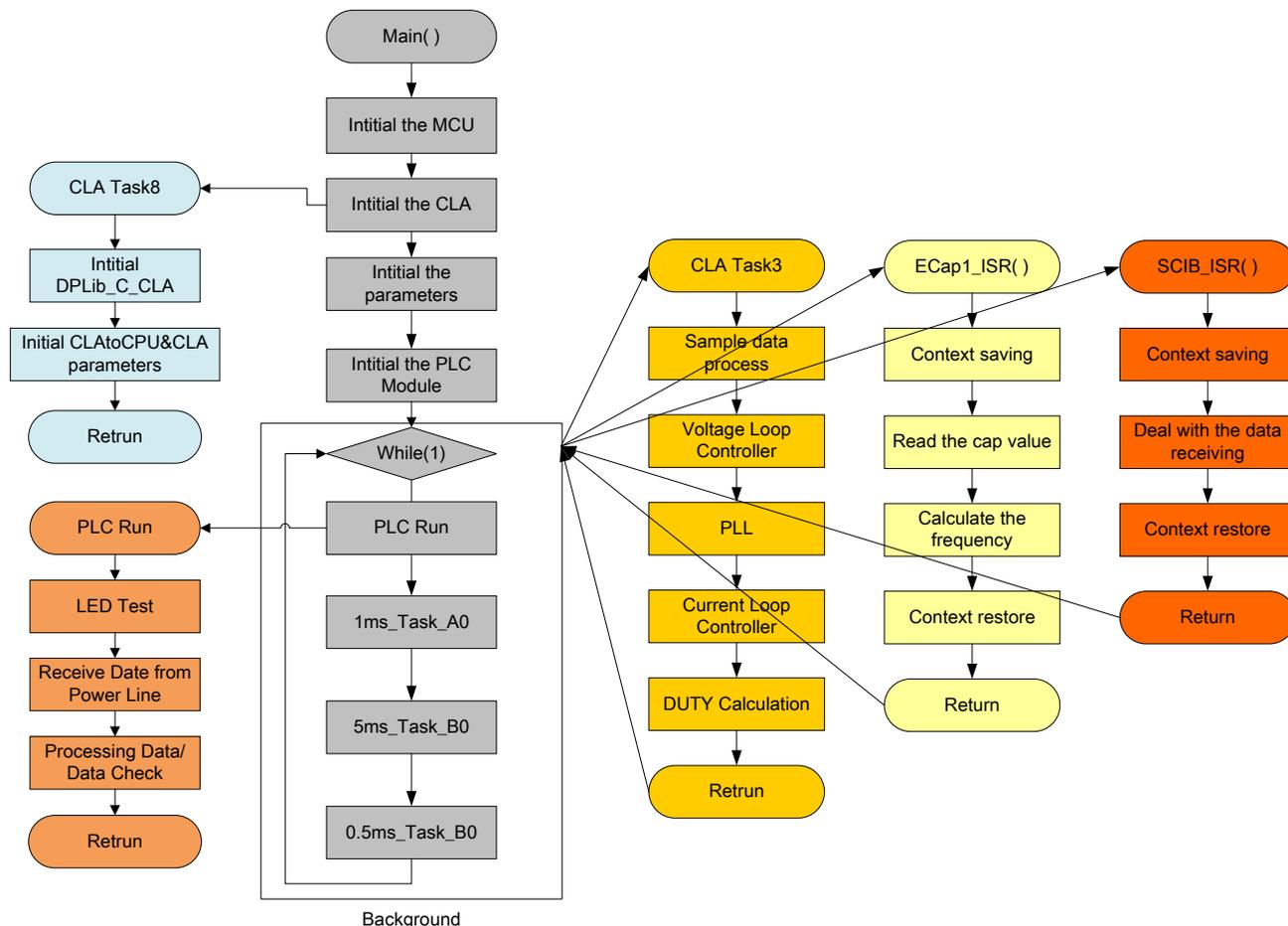


图 9 F28069 PLC 内部集成系统软件流程图

6 总结

本文主要介绍了带有电力线载波通信功能的光伏逆变系统拓扑结构以及 TI 的 PLC 方案和集成 PLC 功能的光伏逆变系统。PLC 由于其天然优势，十分适合作为一种低成本高性能的通信技术应用于需要与电网相连的产品中，而将其加入当前备受关注的逆变系统，是必然的发展趋势。

在中小型光伏逆变系统分布式发展的趋势下，通信功能在将来一定会是每个并网逆变器的必备功能，而 TI PLC 方案的灵活性使其既可以外加于光伏逆变系统，也可以集成于系统内部，从而满足各种不同客户的系统需求。并且 TI 仍然在持续的开发针对于带有 PLC 功能的光伏逆变系统，例如将更复杂的 PLC 标准加入光伏逆变系统。通过 PLC 进行传输数据，对于光伏逆变系统，无疑有着多方面巨大的优势，并且也将进一步推进物联网概念的实施普及，TI 将推出更多关于 PLC 应用的方案，使开发人员可以更快的完成产品设计。

参考文档

- [1] TI 窄带电力线通信 (NB PLC) 解决方案介绍 (ZHCA433)
- [2] TI PLC Development Kit User Guide
- [3] TMS320F28069, www.ti.com/product/tms320f28069
- [4] AFE031, www.ti.com/product/afe031

附录

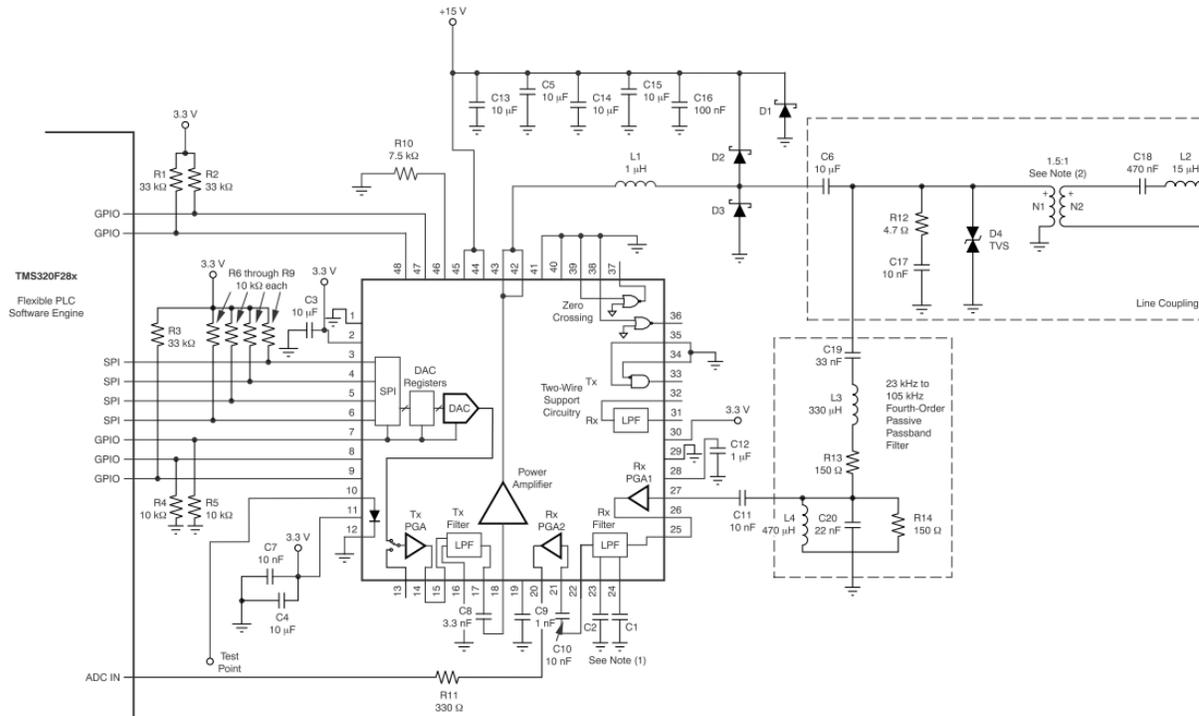


图 10 AFE031 典型应用原理图

重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权根据 JESD46 最新标准, 对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权根据 JESD48 最新标准中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内, 且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定, 否则没有必要对每种组件的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或隐含权作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时, 如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分, 则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权, 且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供, 但他们将独力负责满足与其产品及其应用中使用的 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意, 他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识, 可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中, 为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此, 此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III (或类似的生命攸关医疗设备) 的授权许可, 除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意, 对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用, 其风险由客户单独承担, 并且由客户独力负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 已明确指定符合 ISO/TS16949 要求的产品, 这些产品主要用于汽车。在任何情况下, 因使用非指定产品而无法达到 ISO/TS16949 要求, TI 不承担任何责任。

产品	应用
数字音频	www.ti.com.cn/audio 通信与电信 www.ti.com.cn/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/amplifiers 计算机及周边 www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com.cn/dataconverters 消费电子 www.ti.com.cn/consumer-apps
DLP® 产品	www.dlp.com 能源 www.ti.com.cn/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/dsp 工业应用 www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/clockandtimers 医疗电子 www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/interface 安防应用 www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/logic 汽车电子 www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/power 视频和影像 www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	www.ti.com.cn/microcontrollers
RFID 系统	www.ti.com.cn/rfidsys
OMAP应用处理器	www.ti.com.cn/omap
无线连通性	www.ti.com.cn/wirelessconnectivity 德州仪器在线技术支持社区 www.deyisupport.com

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道 1568 号, 中建大厦 32 楼 邮政编码: 200122
Copyright © 2013 德州仪器 半导体技术 (上海) 有限公司