

基于 MK64 平台的配网终端多回路录波方案

Multi-loop recording scheme for distribution network
terminals based on MK64 platform

朱重阳
ZHU Chongyang

(南京国电南自自动化有限公司,南京 210032)
(Guodian Nanjing Automation Company Limited, Nanjing 210032, China)

摘 要:目前在配网中应用的硬件平台大多主频低、内存小,主要用于馈线终端装置(FTU)单回路装置上,而对于数据传输单元(DTU)这种多回路的应用场景,只有基本功能可被实现。实现多回路采样及录波存储这类需要大数据量文件存储、高实时性的应用功能,对主频和内存有特别高的要求。针对这一现状,设计了一种基于飞思卡尔 MK64 平台、外扩 SDRAM,可于 DTU 多回路录波存储的方案,支持 4 种故障序列情况下快速触发录波并正确保存文件。通过实际装置验证采样数据及波形文件证明该方案的可行性。

关键词:飞思卡尔 MK64;DTU 终端;实时采样;多回路录波;文件存储

中图分类号:TM 76 **文献标志码:**B **文章编号:**1674-1951(2019)05-0065-04

Abstract: At present, most of the hardware platforms in distribution network are of low main frequency and small memory, and are mainly used on single loop device in feeder terminal units(FTU). As for the multi-loop scenario in data transmission unit (DTU), only the fundamental functions can be implemented. Realizing multi-loop sampling and recording requires large data file storage and high real-time application functions, which has high requirements for the main frequency and memory. Aiming at this situation, a method based on Freescale MK64 platform and external SDRAM is designed. It can be used in DTU multi-loop recording storage scheme to support fast trigger recording and correct file storage under 4 fault sequences. Feasibility of the scheme has been verified by sampling data and waveform files of the actual device.

Keywords: Freescale MK64;DTU terminal;real-time sampling;multi-loop recording;file storage

0 引言

目前,10 kV 配网广泛覆盖全国的城镇与乡村,主要为居民和企业供电。但是配网在运行中,由于网架结构相对薄弱而导致各种故障频繁发生。在相对偏远的地区,技术手段有限导致查找故障原因难^[1]。故障录波能实时采集线路的状态量,并还原故障发生场景,是运维人员解决问题的一种重要手段。目前有馈线终端装置(FTU)和数据传输单元(DTU)两种配电自动化终端设备。FTU 主要用于单回线的线路监控,如配电网馈线回路的各种馈线远方终端、配电变压器远方终端以及中压监控单元(配电子站)等;DTU 多用于多回线的线路监控,如安装

在配电网馈线回路的环网柜、开闭所和配电所站点,具有遥信、遥测、遥控和故障电流检测等功能。

由于在配网行业内厂家众多,竞争日益激烈,设备的功能不仅要满足国网标准的技术要求,同时还要求低成本、低功耗。基于国网技术标准要求,中央处理器(CPU)硬件平台主频不得低于 100 MHz。为了降低成本,厂家会尽可能选择主频低、内存小的硬件,对于数据量相对少的 FTU 单回线装置来说,主频低、内存小的硬件平台还能够满足 CPU 的处理、存储需要;而对于数据量比较大的 DTU 多回线来说,主频低、内存小的硬件平台也只能满足简单的功能,如需要实现高采样率、高实时性的录波这类的高级功能,甚至是处理多达 8 条回线、4 种故障、序列间隔短的故障录波,仅依靠 CPU 本身的资源是远远无法实现的^[2]。

根据 FTU 与 DTU 现场实际运行的功能及国网专业检测的要求,本文介绍的是飞思卡尔的 MK64FN1M 型工业级 CPU(以下简称 MK64),其主频为 120 MHz,内存为 256 kB,内部闪存(flash)为 1 MB,同步动态随机存取内存(SDRAM)为 1 MB。相较于以前的平台,该方案仅仅增加了 SDRAM 的成本(一般的价格在 40 元左右),可以接受。

1 硬件方案设计

根据《国家电网公司配电自动化终端设备入网专业检测大纲》要求,DTU 采样回路至少需要 2 条母线电压、8 条馈线电流,共 40 路采样通道(即 5 片芯片×8 通道/片),采样芯片型号为 AD7606,主要外设系统框图如图 1 所示。

图中 MK64 的处理器与 SDRAM,DM9000 网卡芯片和 5 片 AD7606 采样芯片通过 Flexbus 总线相连;flash 通过串行外设接口(SPI)总线与 CPU 进行数据交互,用来存储录波文件及系统参数等固化数据,在需要时可通过文件传输系统上传至电脑查看文件;其余外设包括串口、遥信/遥控开入/开出端口等 DTU 所需硬件资源。由于录波的高实时性、高采样率、实时存储等要求,本方案设计 CPU 通过总线直接内存存取(DMA),对 5 片 AD7606 采样芯片进行数据读写,进行每周波 160 点采样,并通过 flash 存成文件,供后期调阅。

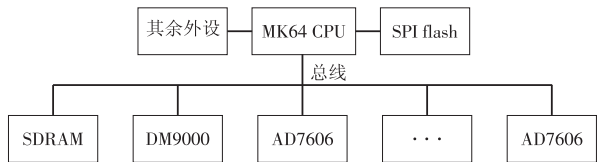


图 1 CPU 外设系统框架

Fig.1 CPU peripheral system framework

2 软件方案设计

模数(AD)采样设计在整个方案中极为关键。根据录波采样高实时性、文件存储慢的特点,需要申请 2 片缓冲区。由于随机存取存储器(RAM)要比 SDRAM 速度快,所以申请使用 RAM 作为 DMA 读取 AD 数据时的数据存储缓冲区,该 RAM 的大小可为 40 个通道连续保存 16 个点,若每个采样点占 2 B,RAM 至少为 2.5 kB($40 \times 2 \times 16 \times 2/1\,024$)。另一片缓冲区申请 SDRAM 用于录波存储,该片内存要满足保存 40 个通道、每个通道 14 个周波、每周波采样 160 点、4 种故障序列短时间的存储要求,每条馈线申请 4 块内存,内存至少为 700 kB($40 \times 14 \times 4 \times 160 \times 2/1\,024$)。

CPU 通过 Flexbus 总线对 AD7606 采样,每片

AD7606 有 8 个通道,5 片共计 40 个通道,每周波(20 ms)采样 160 点,即 $125\,\mu\text{s}(20/160)$ 采样一次,该时间即为 AD 采样时间间隔,是 CPU 通过定时器模块 FTM 内部产生;方案通过 DMA 轮询 5 片 AD 芯片,考虑到在采样的同时还要存储文件,文件存储相对慢,所以软件设计上采用 DMA 在 1 ms 的时间点上产生中断,即每采样 8 个点触发一次中断,CPU 把读取 5 片 AD 的数据一次性拷贝进应用缓冲区,供所需模块使用,包括计算、保护模块、录波模块、文件存储模块等。

录波文件的存储遵从 comtrad99 格式和配网技术标准要求,文件保存的波形至少为故障前 4 个周波和故障后 8 个周波^[3]。本方案保存前 6 后 8,共 14 个周波。线路上无故障时采样数据循环存储在申请的 SDRAM 缓冲区中,当馈线线路上有故障时,触发录波,从当前故障位置保存故障后 8 个周波。保存文件时,先把故障位置前 6 个周波数据存入文件,再把故障后 8 个周波存入文件即可^[4],软件流程如图 2 所示。

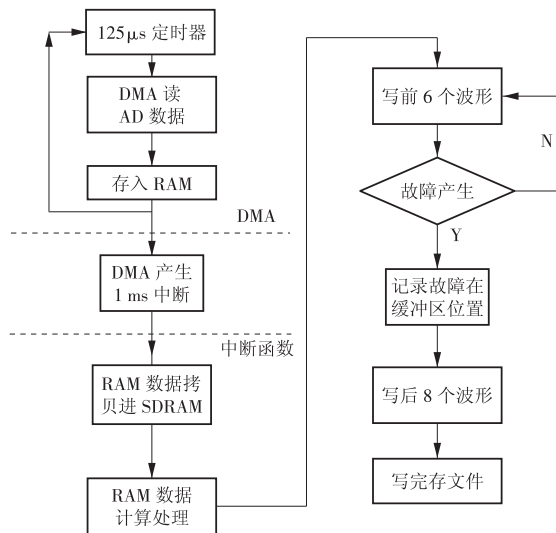


图 2 软件流程

Fig.2 Software flow

3 实验验证

为了验证该方案是否能够在 4 种故障序列下还原波形,用保护测试仪加 4 种故障序列模拟 DTU 装置故障,每次故障量保持 500 ms,保护过流定值 5 A,零序电流(I_z)1 A,零序电压(U_z)70 V,线路失压 50 V 等 4 种条件触发录波,共产生 4 组常态-故障序列(见表 1);每条馈线应产生 4 种波形文件,并可通过波形分析软件查看故障发生时序的正确性。8 条馈线共产生 32 组波形共 64 个文件(.cfg 和 .dat 文件)。最后以馈线 1 为例,用波形分析软件查看波形符合保护测试仪所加的 4 组状态序列^[5-7]。

表 1 保护测试仪模拟故障状态序列

Tab.1 Simulated sequence of protection tester under accident status

序列	故障时间/ms	I_a/A	I_b/A	I_c/A	U_a/V	U_b/V	U_c/V	U_z/V
零压序列	500	0.5	0	0	120	120	0	120
线路失压序列	500	0.5	0	0	65	120	0	65
零流序列	500	1.5	0	0	40	120	0	40
过流序列	500	5.5	0	0	40	120	0	40

图 3 ~ 图 6 为馈线 1 的 4 种状态故障序列波形图,每幅图代表 1 种故障序列,包括常态(正常输出量状态)和故障态(波形突变时刻状态)。

从图 3 ~ 图 6 可以看出,4 组波形都在 500 ms 内正确地反映了模拟的故障状态序列,并能够正确保存文件。

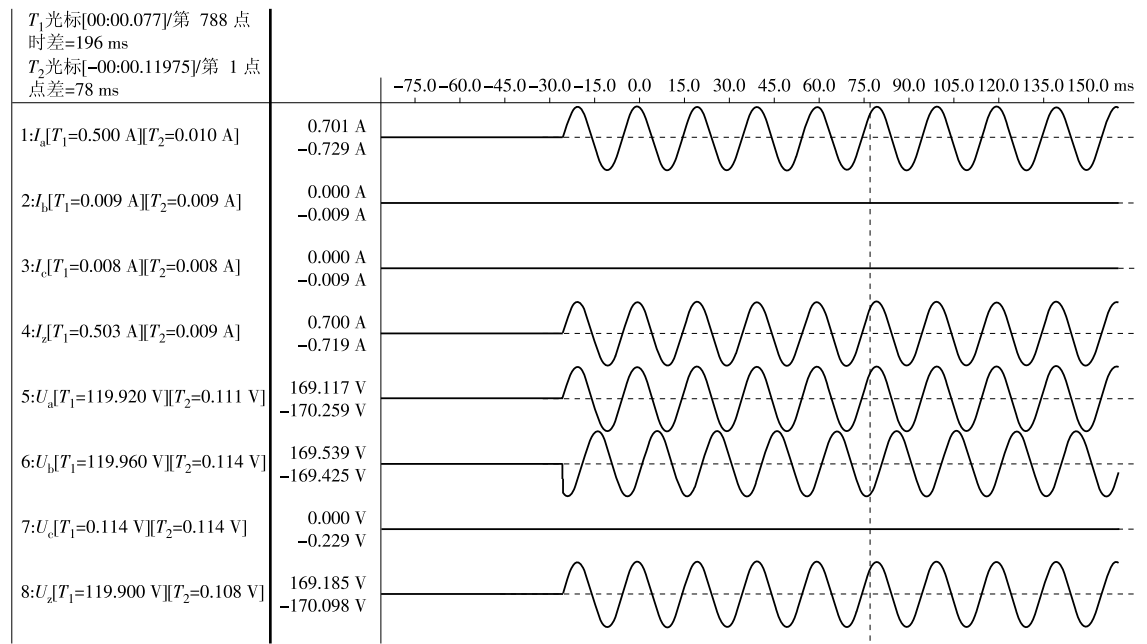


图 3 馈线 1 零压序列波形

Fig.3 Zero voltage sequence waveform of feeder 1

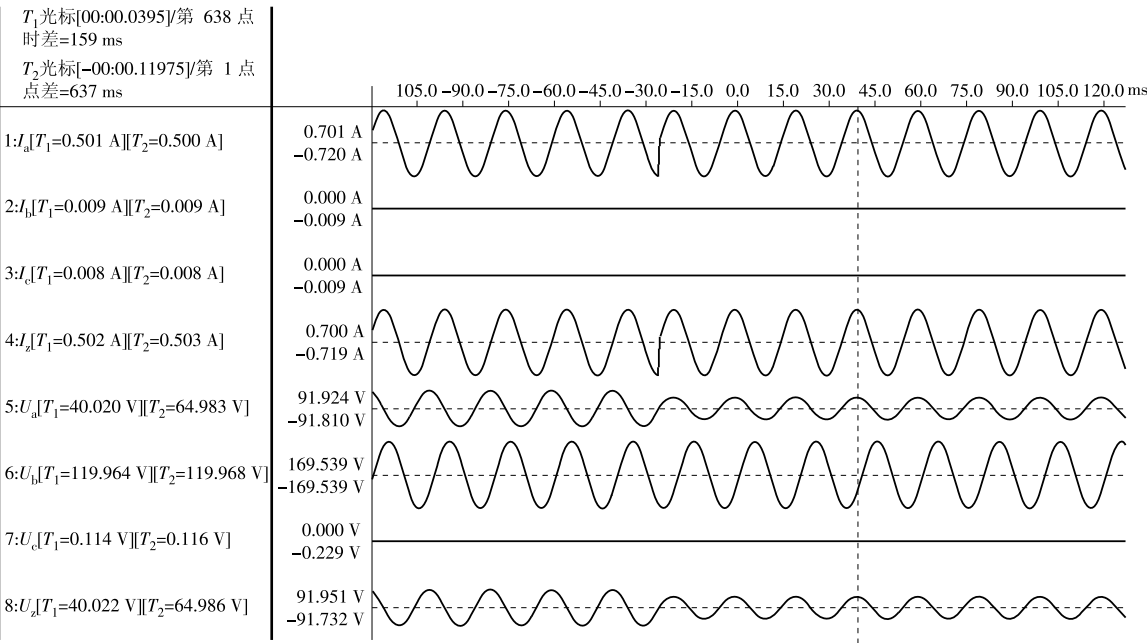


图 4 馈线 1 线路失压序列波形

Fig.4 Pressure loss sequence waveform of feeder 1

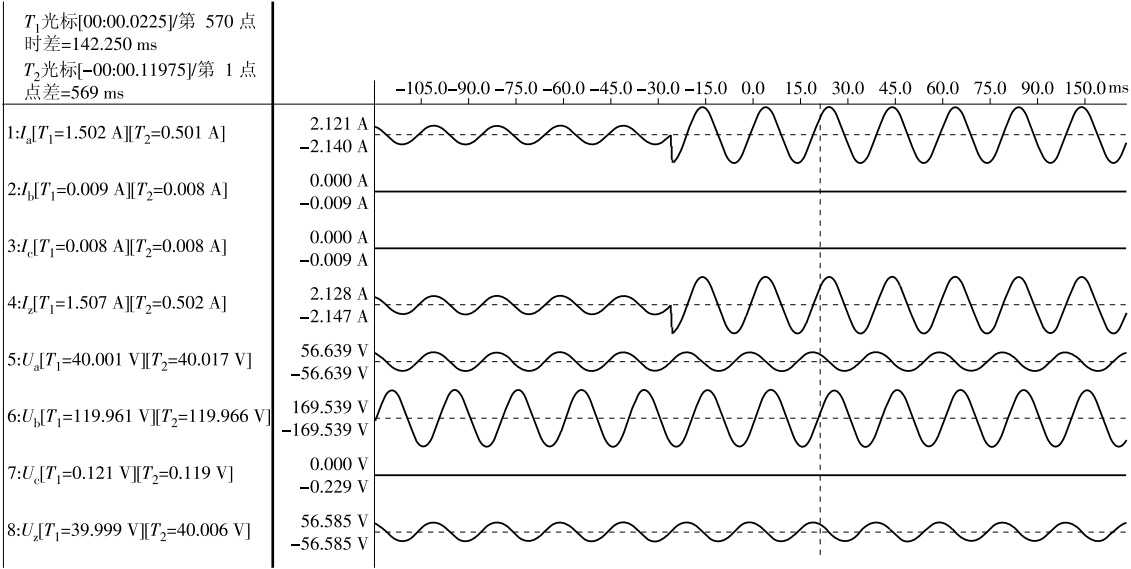


图 5 馈线 1 零流序列波形

Fig. 5 Zero current sequence waveform of feeder 1

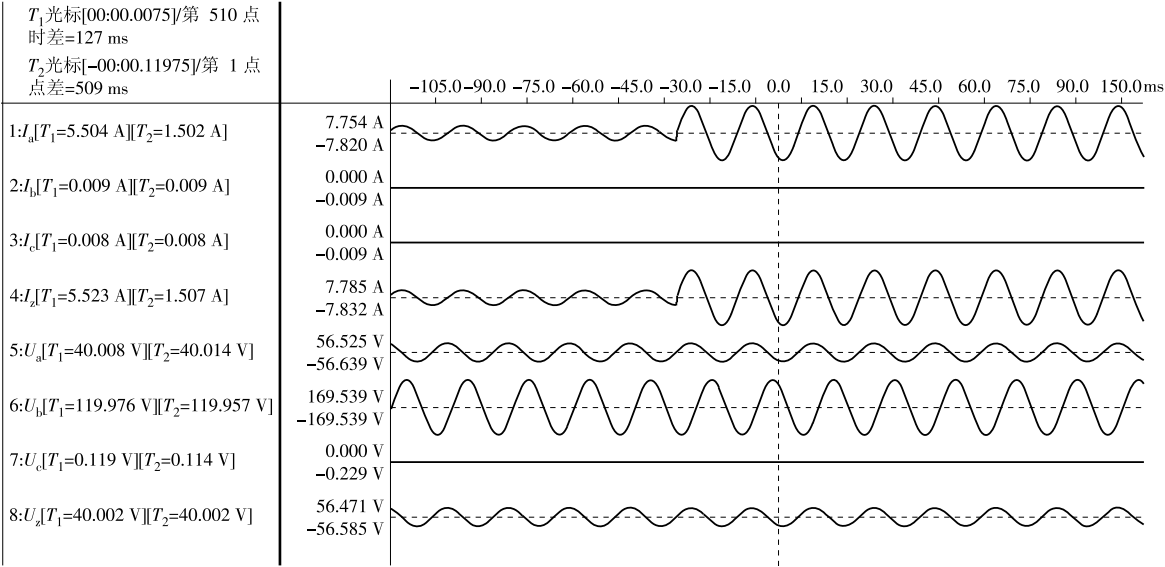


图 6 馈线 1 过流序列波形

Fig. 6 Over current sequence waveform of feeder 1

4 结论

配网终端回路录波方案从 FTU 的硬件方案改进而来,此方案只增加 1 片 SDRAM,就能满足 40 路通道 8 回路采样录波的要求。SDRAM 及 AD 芯片都为常见芯片及有常见电路,容易在 DTU 装置上实现,方案成熟,风险小。该方案高速采样还可以做小电流接地故障的判别和录波。

参考文献:

[1] 彭先胜. 配电网的故障分析及维护措施[J]. 中国新技术新产品, 2016(17): 60-61.

[2] 李洪涛,唐先武,刘日亮,等. 高精度检测录波终端在配网运维中的应用[J]. 国网技术学院学报, 2015, 18(6): 15-21.

[3] 曹宝玉,席自强. 基于 COMTRADE 录波数据的保护动作特性研究[J]. 湖北工业大学学报, 2017, 32(5): 96-99.

[4] 张大伦. 电力系统故障录波数据分析[J]. 中国设备工程, 2017(9): 70-72.

[5] 陆昱,朱洪成,黄俊,等. 配电站低压故障在线监测系统的设计和实现[J]. 电气设计, 2017(9): 15-16.

[6] 陈永艳. 电力海量暂态数据存储与分布式 IP 网络安全评估研究[D]. 昆明:昆明理工大学, 2016.

[7] 王勤,邱辉,李大武. 基于暂态录波技术的线路故障在线监测系统在配网中的应用[J]. 电力与能源, 2018, 39(3): 317-319.

(本文责编:陆华)

作者简介:

朱重阳(1980—),男,江苏南京人,高级配网设计师,从事配网自动化软件开发与设计工作(E-mail:41450860@qq.com)。