

BOYUAN STORAGE COMMAND SET

Specification v1.0

嵌入式/FPGA 存储加速

1 介绍

本协议定义一种适用于嵌入式/FPGA 应用的数据存储指令集，该指令集可用于存储加速 IP 中本地端的软硬件接口。通过使用该指令集，将复杂的通用存储协议（如 NVMe）卸载至专用加速 IP 中执行，从而在不降低存储性能的同时，大幅降低嵌入式/FPGA 应用中存储协议的软件开销。

定义两类指令集：管理指令集和 I/O 指令集，详见 Table1-1。其中，管理指令实现对存储设备控制器的管理操作，包括日志和 ID 的读取、特性的设置和读取、以及开机和关机操作。其中，开机和关机指令执行的具体操作，与存储控制器的协议相关，例如，在 NVMe 协议中，开机操作涉及 ID 的读取，以及 NVMe I/O 队列的创建，关机操作涉及 NVMe I/O 队列的删除以及相关 NVMe 寄存器的读写。管理指令与命名空间无关，作用于整个 NVMe 控制器。管理指令涉及的页表数据未作定义，由具体应用实现确定。

I/O 指令实现数据和写入、读取和管理操作，与命名空间相关，通过读取相应的命名空间 ID 实现目标命名空间的切换，开机指令执行完毕后，默认切换至命名空间 1。I/O 指令中涉及到的数据位于一段连续的本地内存空间中，由指令中的地址字指定，不使用 PRP 或 SG 链表。

Table 1-1 博原科技存储指令

指令名称	Comand Name	说明
管理指令		
读取日志	Get Log Page	读取存储设备 SMART、Error 等日志
读取 ID	Identify	读取存储设备控制器或命名空间 ID
设置特性	Set Feature	设置存储设备控制器的特性
读取特性	Get Feature	读取存储设备控制器的特性
开机	Startup	执行开机指令操作
正常关机	Normal Shutdown	执行正常关机指令操作
异常关机	Abrupt Shutdown	执行异常关机指令操作
I/O 指令		
写缓冲	Flush	通知存储设备清除缓冲区
写数据	Write	将本地数据写入至存储设备
读数据	Read	从存储设备读取数据
数据集管理	Data Set Management	管理存储设备中的数据集

2 管理指令集

管理指令集中包含两类指令：标准管理指令和开关机指令，详见 Table2-1。标准管理指令包含读取日志、读取 ID、设置特性和读取特性四种指令。标准管理指令所涉及的页表数据长度限定为 4KB，存储位置有具体应用指定（与 I/O 指令数据位置不同）。

开关机指令包含开机、正常关机及快速关机三种指令，详见 Table2-1。该类指令所执行的操作与存储设备协议类型相关。开机指令完成后，存储设备须能够接受和处理所提交的 I/O 指令；关机指令完成后，存储设备须允许掉电。

Table 2-1 管理指令集

指令名称	Name	操作码	说明
读取日志	Get Log Page	02h	读取日志 日志页表长度不超过 4KB。
读取 ID	Identify	06h	读取 ID ID 页表长度固定为 4KB。
设置特性	Set Feature	09h	设置存储设备控制器的属性 特性页表长度不超过 4KB。
读取特性	Get Feature	0Ah	读取存储设备控制器的属性 特性页表长度不超过 4KB。
开机	Startup	C0h	启动存储设备 完成所有必要的初始化指令。
正常关机	Shutdown	C1h	正常关闭存储设备 完成所有正常关闭指令/寄存器操作。
异常关机	Abrupt Shutdown	C2h	正常关闭存储设备 完成所有异常关闭指令/寄存器操作。

2.1 读取日志

读取日志指令，见 Table2-2，获取存储设备的 SMART 或 Error 日志。单次读取日志长度限定在 4KB 范围内，如果所需读取的页表长度超过 4KB，须设置偏移地址和长度分多次读取。日志页表存储方式未作定义，由具体应用实现确定。

Table 2-2 读取日志指令字定义

指令字	位	名称	值	说明
DW0	7:0	opc	02h	操作码：读取 Log
	15:8	保留	0h	未使用。
	17:16	sts	1h	指令状态： 提交端置为 0/1h，完成端置为 2/3h。 0h：空闲状态；1h：激活状态； 2h：完成状态；3h：异常完成状态。
	19:18	burst	1h	数据访问突发类型： 0h：FIXED，RAID 模式不可用； 1h：INCR；其他：保留
	30:20	保留	0h	未使用。
	31	cs	0b	指令集： 0b：管理指令；1b：I/O 指令。
DW1~9	保留		0h	未使用。
DW10	31:16	log_length	127 或 1023	日志页表访问长度，常用 512B 或 4KB。 以 DW 为单位，从 0 开始计数。
	15:12	保留	0h	未使用。
	11:0	log_id_field	1h 或 2h	日志类型及域定义： 1h：SMART 日志； 2h：Error 之日。 其他：保留
DW11	保留		0h	未使用。
DW12	log_page_offset[31:0]		0h	日志页表偏移地址，DW 对齐。
DW13	log_page_offset[63:32]			
DW14~15	保留		0h	未使用。

2.2 读取ID

读取 ID 指令，见 Table2-3，获取存储设备控制器或命名空间的 ID 页表，所有 ID 页表长度固定为 4KB，小于 4KB 的页表从最低位开始存储。ID 页表存储方式未作定义，由具体应用实现确定。在执行 I/O 指令前，须确保当前命名空间已被正确切换至该 I/O 指令的命名空间中。命名空间的切换方式通过读取目标命名空间的 ID 实现。

Table 2-3 读取 ID 指令字定义

指令字	位	名称	值	说明
DW0	7:0	opc	06h	操作码：读取 ID
	15:8	保留	0h	未使用。
	17:16	sts	1h	指令状态： 提交端置为 0/1h，完成端置为 2/3h。 0h：空闲状态；1h：激活状态； 2h：完成状态；3h：异常完成状态。
	19:18	burst	1h	数据访问突发类型： 0h：FIXED，RAID 模式不可用； 1h：INCR；其他：保留
	30:20	保留	0h	未使用。
	31	cs	0b	指令集： 0b：管理指令；1b：I/O 指令。
DW1	31:0	nsid	0h 或 其他	命名空间 ID： 读取控制器 ID 时设置为 0h； 否则设置为命名空间的 ID 值。
DW2~9	保留		0h	未使用。
DW10	7:0	cns	0h 或 1h	ID 类型选择码： 0h：命名空间 ID；1h：控制器 ID； 其他：保留。
	31:08	保留	0h	未使用。
DW11~15	保留		0h	未使用。

2.3 设置特性

设置特性指令，见 Table2-4，设置存储设备的具体属性。该指令允许可包含不超过 4KB 的属性页表。属性页表存储方式未作定义，由具体应用实现确定。指令字 DW11~15 的定义，沿用 NVME 协议 Set Feature 定义。

Table 2-4 设置特性指令字定义

指令字	位	名称	值	说明
DW0	7:0	opc	09h	操作码：设置特性
	15:8	保留	0h	未使用。
	17:16	sts	1h	指令状态： 提交端置为 0/1h，完成端置为 2/3h。 0h：空闲状态；1h：激活状态； 2h：完成状态；3h：异常完成状态。
	19:18	burst	1h	数据访问突发类型： 0h：FIXED，RAID 模式不可用； 1h：INCR；其他：保留
	30:20	保留	0h	未使用。
	31	cs	0b	指令集： 0b：管理指令；1b：I/O 指令。
DW1~9	保留		0h	未使用。
DW10	7:0	fid	>0h	特性 ID： 与 NVMe 协议 fid 定义一致。
	30:8	保留	0h	未使用。
	31	save	可配	掉电/复位保存： 与 NVMe 协议 save 定义一致。
DW11~15	与 fid 相关		可配	特性配置字： 与 NVMe 协议 Set Feature 定义一致。

2.4 读取特性

读取特性指令，见 Table2-4，读取存储设备的具体属性。该指令允许可包含不超过 4KB 的属性页表。属性页表存储方式未作定义，由具体应用实现确定。

Table 2-5 读取特性指令字定义

指令字	位	名称	值	说明
DW0	7:0	opc	0Ah	操作码：读取特性
	15:8	保留	0h	未使用。
	17:16	sts	1h	指令状态： 提交端置为 0/1h，完成端置为 2/3h。 0h：空闲状态；1h：激活状态； 2h：完成状态；3h：异常完成状态。
	19:18	burst	1h	数据访问突发类型： 0h：FIXED，RAID 模式不可用； 1h：INCR；其他：保留
	30:20	保留	0h	未使用。
	31	cs	0b	指令集： 0b：管理指令；1b：I/O 指令。
DW1~9	保留		0h	未使用。
DW10	7:0	fid	>0h	特性 ID： 与 NVMe 协议 fid 定义一致。
	10:8	sel	0h~3h	返回特性的选择位： 与 NVMe 协议 sel 定义一致。
	31:11	保留	0h	未使用。
DW11~15	保留		0h	未使用。

2.5 开机

开机指令，见 Table2-6，与存储设备所采用的标准协议有关。例如，在 NVME 设备中，开机操作依次执行以下 NVME 管理指令：读取 ID（控制器）、读取 ID（命名空间 1）、创建 NVME I/O 完成队列 0、创建 NVME I/O 提交队列 0。开机操作完成后，存储设备可以正常接收和处理 I/O 指令。

Table 2-6 开机指令字定义

指令字	位	名称	值	说明
DW0	7:0	opc	C0h	操作码：开机
	15:8	保留	0h	未使用。
	17:16	sts	1h	指令状态： 提交端置为 0/1h，完成端置为 2/3h。 0h：空闲状态；1h：激活状态； 2h：完成状态；3h：异常完成状态。
	30:18	保留	0h	未使用。
	31	cs	0b	指令集： 0b：管理指令；1b：I/O 指令。
DW1~15	保留		0h	未使用。

2.6 正常关机

正常关机指令，见 Table2-7，与存储设备所采用的标准协议有关。例如，在 NVME 设备中，正常关机操作依次执行以下 NVME 管理指令：删除 NVME I/O 提交队列 0、删除 NVME I/O 完成队列 0，最后更新 CC.SHN 寄存器，等待 CSTS.SHST 返回关机完成状态。

Table 2-7 正常关机指令字定义

指令字	位	名称	值	说明
DW0	7:0	opc	C1h	操作码：正常关机
	15:8	保留	0h	未使用。
	17:16	sts	1h	指令状态： 提交端置为 0/1h，完成端置为 2/3h。 0h：空闲状态；1h：激活状态； 2h：完成状态；3h：异常完成状态。
	30:18	保留	0h	未使用。
	31	cs	0b	指令集： 0b：管理指令；1b：I/O 指令。
DW1~15	保留		0h	未使用。

2.7 异常关机

异常关机指令，见 Table2-8，与存储设备所采用的标准协议有关。例如，在 NVME 设备中，异常关机操作更新 CC.SHN 寄存器，等待 CSTS.SHST 返回关机完成状态。

Table 2-8 异常关机指令字定义

指令字	位	名称	值	说明
DW0	7:0	opc	C2h	操作码：异常关机
	15:8	保留	0h	未使用。
	17:16	sts	1h	指令状态： 提交端置为 0/1h，完成端置为 2/3h。 0h：空闲状态；1h：激活状态； 2h：完成状态；3h：异常完成状态。
	30:18	保留	0h	未使用。
	31	cs	0b	指令集： 0b：管理指令；1b：I/O 指令。
DW1~15	保留		0h	未使用。

3 I/O 指令集

I/O 指令集中包含四种 I/O 数据操作指令：写缓冲、写数据、读数据以及数据集管理，详见 Table3-1。写缓冲通知存储设备清除缓冲区的数据，不涉及数据传输。写数据和读数据设计数据传输，在指令字中须指定数据在指令提交端内存中存放的位置，以及数据的 LBA 地址和传输长度。数据集管理用于设置数据集的属性，例如，将一段 LBA 范围内的数据标记为垃圾数据时，即完成了 TRIM 操作。

Table 3-1I/O 指令集

指令名称	Name	操作码	说明
写缓冲	Flush	80h	通知存储设备清除缓冲区
写数据	Write	81h	将本地数据写入至存储设备
读数据	Read	82h	从存储设备读取数据
数据集管理	Data Set Management	89h	管理存储设备中的数据集

3.1 写缓冲

写缓冲指令，见 Table3-2，清除存储设备中缓冲区的数据。

Table 3-2 写缓冲指令字定义

指令字	位	名称	值	说明
DW0	7:0	opc	80h	操作码：写缓冲
	15:8	保留	0h	未使用。
	17:16	sts	1h	指令状态： 提交端置为 0/1h，完成端置为 2/3h。 0h：空闲状态；1h：激活状态； 2h：完成状态；3h：异常完成状态。
	30:18	保留	0h	未使用。
	31	cs	1b	指令集： 0b：管理指令；1b：I/O 指令。
DW1~15	保留		0h	未使用。

3.2 写数据

写数据指令，见 Table3-3，将内存中的连续数据写入至存储设备中，允许定义数据的多种属性，如内存总线访问方式、可压缩性、连续性、读写访问延迟要求以及读写访问频率等。

Table 3-3 写数据指令字定义

指令字	位	名称	值	说明
DW0	7:0	opc	81h	操作码：写数据
	15:8	保留	0h	未使用。
	17:16	sts	1h	指令状态： 提交端置为 0/1h，完成端置为 2/3h。 0h：空闲状态；1h：激活状态； 2h：完成状态；3h：异常完成状态。
	19:18	burst	1h	内存数据访问突发类型： 0h：FIXED，RAID 模式不可用； 1h：INCR；其他：保留
	23:20	cache	可配	内存数据访问 Cache 类型： 与 AMBA4 协议 AxCache 定义一致。
	30:24	保留	0h	未使用。
	31	cs	1b	指令集：0b：管理指令；1b：I/O 指令。
DW1~5	保留		0h	未使用。
DW6	addr[31:0]		可配	内存数据地址： 与数据总线的位宽对齐
DW7	addr[63:32]			
DW8~9	保留		0h	未使用。
DW10	lba[31:0]		可配	LBA 起始地址：以 512B 为单位。 RAID 应用中，条带对齐。
DW11	lba[63:32]			
DW12	length		可配	传输长度：以 512B 为单位，基于 1 计数。 RAID 应用中，条带对齐。
DW13	7:0	dsm	可配	数据集管理信息： 与 NVME 协议 dsm 定义一致。
	31:8	保留	0h	未使用。
DW14~15	保留		0h	未使用。

3.3 读数据

写数据指令，见 Table3-3，读取存储设备中的数据并写入至内存，允许定义数据的多种属性，如内存总线访问方式、可压缩性、连续性、读写访问延迟要求以及读写访问频率等。

Table 3-4 读数据指令字定义

指令字	位	名称	值	说明
DW0	7:0	opc	82h	操作码：读数据
	15:8	保留	0h	未使用。
	17:16	sts	1h	指令状态： 提交端置为 0/1h，完成端置为 2/3h。 0h：空闲状态；1h：激活状态； 2h：完成状态；3h：异常完成状态。
	19:18	burst	1h	内存数据访问突发类型： 0h：FIXED，RAID 模式不可用； 1h：INCR；其他：保留
	23:20	cache	可配	内存数据访问 Cache 类型： 与 AMBA4 协议 AxCache 定义一致。
	30:24	保留	0h	未使用。
	31	cs	1b	指令集：0b：管理指令；1b：I/O 指令。
DW1~5	保留		0h	未使用。
DW6	addr[31:0]		可配	内存数据地址： 与数据总线的位宽对齐
DW7	addr[63:32]			
DW8~9	保留		0h	未使用。
DW10	lba[31:0]		可配	LBA 起始地址：以 512B 为单位。 RAID 应用中，条带对齐。
DW11	lba[63:32]			
DW12	length		可配	传输长度：以 512B 为单位，基于 1 计数。 RAID 应用中，条带对齐。
DW13	7:0	dsm	可配	数据集管理信息： 与 NVME 协议 dsm 定义一致。
	31:8	保留	0h	未使用。
DW14~15	保留		0h	未使用。

3.4 数据集管理

数据集管理指令，见 Table3-5，设置数据集的属性。在提交该指令前，须在内存中创建数据集管理页表，该页表大小为 4KB。页表与 NVME DSM 指令定义一致。

Table 3-5 数据集管理指令字定义

指令字	位	名称	值	说明
DW0	7:0	opc	89h	操作码：读数据
	15:8	保留	0h	未使用。
	17:16	sts	1h	指令状态： 提交端置为 0/1h，完成端置为 2/3h。 0h：空闲状态；1h：激活状态； 2h：完成状态；3h：异常完成状态。
	19:18	burst	1h	内存数据访问突发类型： 0h：FIXED，RAID 模式不可用； 1h：INCR；其他：保留
	23:20	cache	可配	内存数据访问 Cache 类型： 与 AMBA4 协议 AxCache 定义一致。
	30:24	保留	0h	未使用。
	31	cs	1b	指令集：0b：管理指令；1b：I/O 指令。
DW1~5	保留		0h	未使用。
DW6	addr[31:0]		可配	内存数据地址：与数据总线的位宽对齐 RAID 应用中，按顺序存放条带页表。
DW7	addr[63:32]			
DW8~9	保留		0h	未使用。
DW10	7:0	nr	可配	Range 数量：与 NVME 协议 nr 定义一致。
	31:8	保留	0h	未使用。
DW11	0	idr	可配	完整读数据集：置 1 有效
	1	idw	可配	完整写数据集：置 1 有效
	2	ad	可配	数据删除：置 1 有效
	31:3	保留	0h	未使用。
DW12	length		可配	传输长度：以 512B 为单位，基于 1 计数。
DW13~15	保留		0h	未使用。

版权声明

BoYuan NVME Command Set v1.0 版权归北京博原科技有限公司全权所有，任何未取得授权或未注明来源（北京博原科技）的使用/引用均被视为侵权行为，北京博原科技有限公司保留追究侵权方相关法律责任的权利。

版本信息

名称	BoYuan Storage Command Set Specification
版本	v1.0
发布日期	2020.08
相关 IP	BoYuan NVMe Host IP-AMBA; BoYuan NVMe RAID IP

信息反馈

北京博原科技有限公司

北京市海淀区上地东路 35 号院 1#312

E-mail: info@bjbytech.com

Website: www.bjbytech.com/contact_en.html

版本历史

Version	Data	Changes
v1.0	2020.08	First Release