



HDSPC28M-5XX

直流 28V 固态功率控制器

产品描述

HDSPC28M 系列固态功率控制器 (SSPC) 是一款 TTL 控制的具有可编程跳闸特性的新型功率开关器件, 可完全替代熔断器、机械式断路器及机电式控制器的配电控制组合。

HDSPC28M 系列固态功率控制器采用当前先进固态功率及计算机控制技术, 提供对负载设备的短路及过流保护。通过总线控制固态功率控制器接通或关断, 并可实时反馈 BIT 信息及负载开关、电流、电压、跳闸等工作状态。采用固态功率控制器减少了配电系统的器件数量、重量和成本, 提升了系统的可靠性和电磁兼容特性。目前已广泛应用于航空、航天、舰船、装甲车辆等直流配电系统。

产品特点

- 小体积, 低功耗, 高可靠性, 10^{-8} 失效概率, 支持 PCB 安装及轨道方式
- 2% 电压、电流采样精度误差
- 低偏置电流 100mA@5VDC
- 控制和功率输出隔离耐压 1500VDC
- 3.5mΩ 低导通电阻
- 超低漏电流, 全温度范围不大于 5μA
- 软开关技术降低电磁干扰
- 多种可选择的隔离控制总线 (SCI/SPI/CAN), 用于远程控制
- 电压、电流、短路、过载、开关等工作状态反馈
- 短路立即保护功能
- I^2t 过流保护—可编程至 80%~180% 标准值
- 额定电流调整功能—最低可编程至 20% 额定值
- 内部温度监控和过热保护
- 具备硬线超控和跳闸指示功能
- 广泛的负载适应性—适合阻性、容性、感性及非线性负载

- 遵循 MIL-STD-704F 标准
- 重量约 80g

极限使用环境

- 偏置供电电压: -0.3V~+7V
- 超控输入电压: -0.3V~+32V (80V/100ms)
- VLine 极限持续输入电压: 100VDC
- 使用高度: 20000m
- 工作温度: 工业级: -40℃ ~+85℃
军用级: -55℃~+105℃
宇航级: -55℃ ~+125℃
- 贮存温度: -65℃ ~+125℃
- MTBF: 1.3Mhr@25℃ 全负载
- 焊接温度 (3 秒): 250℃

电气特性参数 (TA=+25℃)

型 号			HDSPC28M-5U/Y/C/CxX		
符号	参数	单位	最小	典型	最大
V _{BIAS}	偏置电压	V	4.5	5	5.5
I _{BIAS}	偏置电流	mA	60	80	100
V _{OVRD_ON}	超控电压 (开)	V	16	28	32
V _{OVRD_ONS@80A/100ms}	瞬态超控电压 (开)	V	8	—	80
V _{OVRD_OFF}	超控电压 (关)	V	-0.3	0	3.5
I _{OVRD_ON}	超控电流 (开)	mA	—	2	8
I _{OVRD_OFF}	超控电流 (关)	mA	—	0	0.3
I _L	瞬态跳闸电流	A	40	50	—
V _{LINE}	额定工作电压	V	—	28	40
I _{RATE}	额定工作电流	A	1	5	—
t _{ON}	开通延迟时间	ms	0.1	0.5	1
t _{OFF}	关断延迟时间	ms	0.1	0.5	1
t _R	电压上升时间	μs	10	20	30
t _F	电压下降时间	μs	3	5	10
I _{LEAK}	漏电流	μA	1	—	5
P _{UNACT}	功耗 (不导通)	W	—	—	0.1
P _{ACT@I_{RATE}=20A}	功耗 (导通)	W	—	—	0.25
R _{ON}	导通电阻	mΩ	—	3.5	4.0
t _{SC}	短路保护时间	μs	25	50	100
t _{OL}	过流保护时间		见图 1: 跳闸保护曲线		
C _{LOAD}	容性负载带载能力	μF	—	14000	20000*
L _{LOAD}	感性负载带载能力	mH	—	3.2	—

型号			HDSPC28M-5U/Y/C/CxX		
符号	参数	单位	最小	典型	最大
V_S	电压尖峰	V	-600	—	600
输入					
V_{IL}	输入低电平	mV	450	—	780
Input Current	输入电流	μA	—	2.0	10
Pin Capacitance	引脚电容	pF	—	10	—
跳闸输出					
V_{TRIPL}	跳闸指示低电平	mV	—	—	750
V_{TRIPH}	跳闸指示高电平	V	$V_{CC}-0.3$	—	—
Input Current	跳闸指示输入电流	mA	—	10	40

注：*建议增加限流电路。

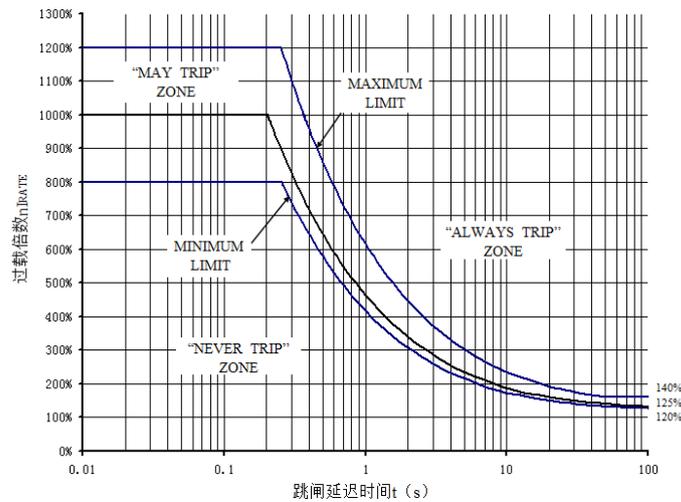


图1 跳闸保护曲线

硬件功能

■ 短路立即保护

HDSPC28M 系列 SSPC 具有短路立即跳闸保护功能。当负载电流超过 SSPC 初始定额的设定倍数时，SSPC 将立即切断负载，并上报短路跳闸状态。

■ 温度监控和过热保护

HDSPC28M 系列 SSPC 具有温度监控功能和过热保护能力。SSPC 内部温度被持续监控，如果温度超过了安全极限，SSPC 将关断输出，TRIP 脚输出低电平。通过总线接口可查询相应的保护状态。

■ I^2t 保护曲线可编程

I^2t 跳闸保护主要用于负载回路的过流保护，轻度过载时，SSPC 提供长达秒级的跳闸时间；过载电流较大时，SSPC 会在毫秒级的时间内跳闸。HDSPC28M 系列 SSPC 的 I^2t 跳闸特性可编程，原厂初始值为 1，可在 80%~180% 范围内编程设置，并具有非易失性记忆功能。如图 1 所示，自上到下的三条曲线分别为 180%、100%、80%。

■ 额定电流可编程—最低可编程至 20% 额定值

额定电流可设置，有利于同一种 SSPC 适用于各种大小的负载，减少 SSPC 类别和成本。HDSPC28M 系列 SSPC 的额定电流值，可在 20%~100% 范围内编程设置。

■ 低导通压降—额定电流下持续导通压降低于 0.05V

HDSPC28M 系列 SSPC 采用超低导通电阻的功率 MOSFET 作为功率开关元件，导通电阻仅 3.5m Ω 。

■ 电压瞬变

在任何电路配置时，都需要监控关断 SSPC 时产生的电压瞬变。HDSPC28M 系列 SSPC 内置旁路吸收单元在负载端防止反向瞬态电压，另外，用户可根据需要在 VLine 端放置瞬态抑制器，强化保护开关单元。HDSPC28M 的持续耐压最高可达 100V，瞬态耐压可达 600V@10 μ s。

■ 软开关功能—抑制电流瞬变

软开关功能利于减小容性、感性负载通断过程中对 SSPC 的冲击，也有利于降低电磁干扰和保护用电设备。

■ 超控功能

超控功能主要用于应急状态下对负载开关的直接控制。HDSPC28 系列 SSPC 具有硬线超控功能。将 SSPC 的 OVRD 脚（6 脚）接地，超控使能，关断 SSPC；将 OVRD 脚接 28V，超控使能，开通 SSPC；将 OVRD 脚悬空，超控禁止。

■ 跳闸指示功能

当 SSPC 过热、过流或短路保护时，通过 Trip 脚（7 脚）指示保护状态，低电平表示已跳闸，高电平表示正常工作。此信号可驱动一个 LED，也可供 MCU 采集此信号。

■ 遵循 MIL-STD-704F 标准

HDSPC28M 系列 SSPC 遵循 MIL-STD-704F 标准的浪涌和瞬变要求。汇流条输入脚和输出脚之间的开路电压达 100V。偏置电源和汇流条之间高达 1500V 隔离电压。

通信协议

通信命令

SSPC 所提供的通信命令见表 1：

表1 SSPC 通信命令

序号	命令	功能说明	作用域	备注
1	通信配置	对当前所用的通信链路参数(波特率、校验类型)进行配置。	维护态	
2	定额设置	设置当前额定电流。设置范围：(20%~100%)初始定额。	维护态	
3	ID 号设置	设置 SSPC 的 ID 号。	维护态	
4	I ² t 曲线设置	对过载保护曲线进行设置。	维护态	
5	配置查询	查询 SSPC 的初始定额、当前定额、ID 号等	维护态	
6	工作状态设置	用于选择维护态和工作态，系统默认为工作态。	维护/工作态	
7	通信状态查询	用于检查通信链路是否正常。	维护/工作态	
8	通道开关	控制通道的开关。	工作态	
9	负载电压查询	查询 SSPC 负载电压。	工作态	
10	负载电流查询	查询 SSPC 负载电流。	工作态	
11	离散状态查询	查询 SSPC 和负载状态：开关状态、过热、过载、短路、汇流条状态（有电或无电）等。	工作态	

通信接口

HDSPC28M 系列 SSPC 具有 SCI、SPI 及 CAN 三种接口类型，见表 2。

表2 HDSPC28M 系列接口标准

型号规格	HDSPC28M-5UX	HDSPC28M-5YX	HDSPC28M-5CX/CxX
接口类型	SCI	SPI	CAN
最大数据传输速率	256Kbps	1.5Mbps	1Mbps
总线挂接最大模块数	240	48	110

SCI 型模块 (HDSPC28M-5UX)

接口描述

HDSPC28M-5UX 为 SCI 接口模块，可直接与 MCU 的 SCI 接口相连。当组成多路 SSPC 系统时，直接通过多路 SCI 接口与各 SSPC 连接，控制各 SSPC 的输出状态。MCU 的 TXD 发送可直接与多个 SSPC 的 RXD 接收连接，但是 SSPC 的 TXD 发送只能与 MCU 的 RXD 接收通过切换开关或其它方式进行点对点的连接通信。MCU 可通过多路开关选择相应的 SCI 通道，也可扩展独立的 SCI 接口与 SSPC 相连。通过 MCU 的 GPIO 端口采集 SSPC 的 Trip 脚保护状态。外部的三位置开关选择 SSPC 的超控功能。如图 4 所示。

■ TXD-发送脚

HDSPC28M-5UX 通过这个脚向外发送串行数据。

■ RXD-接收脚

HDSPC28M-5UX 通过这个脚接收外部的串行数据。

■ 通信配置

HDSPC28M-5UX 通信格式，1 起始位，8 数据位，1 校验位，1 停止位。

默认波特率 19200bps，默认奇校验。

可利用链路配置命令来改变链路默认配置。

■ 通信时序

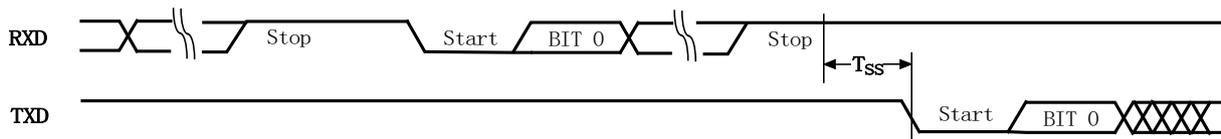


图2 SSPC 应答响应时序

表3 SCI 应答响应时间参数表

参数	描述	最小	最大	单位
T_{ss}	SSPC 接收数据帧停止位到其发送数据帧起始位的时间间隔。	—	1	ms

帧格式

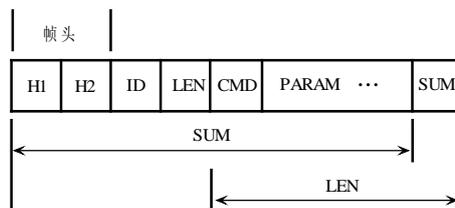


图3 SCI 通信数据帧

其中，帧域定义见表 4:

表4 SCI 通信数据帧域定义

序号	标识	帧名	长度	定义	备注
1	H1 H2	帧头	2 Bytes	帧开始标志	固定为: 5AH 52H
2	ID	ID号	1 Byte	SSPC 的身份标示	F0H~FFH 为系统预留 ID, 且 FFH 为通用 ID。SSPC 可定义 ID 为 00H~EFH。
3	LEN	长度	1 Byte	其代表帧中命令域、参数域及校验和数据的长度	
4	CMD	命令	1 Byte	标示帧功能	
5	PARAM	参数	不定	帧命令的参数	
6	SUM	校验和	1 Byte	帧中所有其它字节的算术累加的最低字节	

协议内容

SCI 通信协议详见表 5, 用以实现表 1 所述的通信命令, 定义了通信数据帧中的“命令参数”, 且命令和其应答的码值相同。

表5 SCI 通信协议

序号	命令名称	命令码	说明及参数	帧长	备注
1	工作状态设置	0B0H	设置 SSPC 的工作状态 (维护态或工作态), 上电默认为工作态。 参数: 1Byte。00H-工作态, 01H-维护态。	7 Bytes	维护/ 工作态
	应答		参数: 无。	6 Bytes	
示例: 命令帧 5A 52 01 03 B0 01 61 //设置 1#SSPC 进入维护态 应答帧 5A 52 01 02 B0 5F //SSPC 应答					
2	通信状态查询	0B1H	查询 SSPC 当前通信状态, SSPC 反馈当前状态 (维护或工作态)。 参数: 无	6 Bytes	维护/ 工作态
	应答		参数: 1Byte。SSPC 当前状态。00H-工作态, 01H-维护态	7 Bytes	
示例: 命令帧 5A 52 01 02 B1 60 //查询 1#SSPC 的通信状态 应答帧 5A 52 01 03 B1 01 62 //反馈 1#SSPC 的当前状态为维护态					
3	通信配置	0A0H	设置 SCI 通信的校验类型和波特率, 通信设置将在应答完成后生效。为实现对通信属性的测量, SSPC 在 16s 内未正确收到通信命令帧, 将自动周期发送 1Byte 数据: 0x55。 参数: 1 Byte, 高 2 位表示校验类型, 低 6 位表示波特率。具体定义见 0。	7Bytes	维护态
	应答		参数: 无。	6 Bytes	
示例: 命令帧 5A 52 FF 03 A0 89 D7 //用通用 ID:0xFF 设置 SSPC 的波特率为 115200, 偶校验 应答帧 5A 52 FF 02 A0 4D //SSPC 应答					
4	定额调整	0A1H	调整 SSPC 的额定电流。 参数: 1 Byte, 20~100 (初始定额的百分比)。	7 Bytes	维护态
	应答		参数: 无。	6 Bytes	
示例: 命令帧 5A 52 01 03 A1 1E 6F //将 1#SSPC 的额定电流设置为额定值的 30% 应答帧 5A 52 01 02 A1 50 //SSPC 应答					
5	ID 号设置	0A2H	设置 SSPC 的地址。利用通用 ID 号 0xFF 进行 ID 号设置。 参数: 1Byte, 有效 ID: 00H~EFH。	7 Bytes	维护态

序号	命令名称	命令码	说明及参数	帧长	备注
	应答		参数: 无。	6 Bytes	
示例: 命令帧 5A 52 FF 03 A2 01 51 //利用通用 ID 号 0xFF 将 SSPC 的 ID 号设置为 01H 应答帧 5A 52 01 02 A2 51 //SSPC 应答					
6	I ² t 曲线编程	0A3H	调整过载保护曲线, 调整范围为初始值的 80%~180%。 参数: 1Byte, 80~180 (初始值的百分比)。	7 Bytes	维护态
	应答		参数: 无。	6 Bytes	
示例: 命令帧 5A 52 01 03 A3 50 A3 //将 1#SSPC 的保护曲线设置为初始值的 80% 应答帧 5A 52 01 02 A3 52 //SSPC 应答					
7	当前定额查询	0A4H	反馈 SSPC 当前定额信息 (初始定额的百分比)。 参数: 无。	6 Bytes	维护态
	应答		参数: 1 Byte, 20~100 (初始定额的百分比)	7 Bytes	
示例: 命令帧 5A 52 01 02 A4 53 //查询 0x01 号 SSPC 的当前定额值 应答帧 5A 52 01 03 A4 1E 72 //反馈 0x01 号 SSPC 的当前定额值为额定值的 30%					
8	初始定额查询	0A5H	反馈 SSPC 初始定额信息。 参数: 无。	6 Bytes	维护态
	应答		参数: 1 Byte	7 Bytes	
示例: 命令帧 5A 52 01 02 A5 54 //查询 1#SSPC 的初始定额值 应答帧 5A 52 01 03 A5 05 5A //反馈 1#SSPC 的初始定额值为 5A					
9	ID2 设置	0A7H	SSPC 第二 ID 设置。 出厂默认 0xFF (广播通信), 第一 ID 和第二 ID 可用于多播和单播通信。 实现中, 第一 ID 与第二 ID 无区别。 1Byte: 预设的第二 ID。	7 Bytes	维护态
	应答		参数: 无。	6 Bytes	
示例: 命令帧 5A 52 FF 03 A7 01 56 //利用通用 ID 号 0xFF 将 SSPC 的第二 ID 号设置为 01H 应答帧 5A 52 01 02 A7 56 //SSPC 应答					
10	ID 查询	0A8H	查询第一 ID 和第二 ID。 无参数。	6 Bytes	维护态
	应答		2Byte (B1 B2) B1: 第一 ID; B2: 第二 ID。	8 Bytes	
示例: 命令帧 5A 52 FF 02 A8 55 //利用通用 ID 号 0xFF 查询模块的第一 ID 和第二 ID。 应答帧 5A 52 01 04 A8 01 02 5C //SSPC 应答					
11	通道开关	0C0H	在非超控态时, 实现通道的开关。 参数: 1Byte。01H-开, 00H-关	7 Bytes	工作态
	应答		参数: 无。	6 Bytes	
示例: 命令帧 5A 52 01 03 C0 01 71 //开通 1#SSPC 应答帧 5A 52 01 02 C0 6F //SSPC 应答					
12	负载电压查询	0C1H	查询负载当前电压。 参数: 无。	6 Bytes	工作态
	应答		参数: 4Bytes。32-bit 浮点数。低位字节先。	10 Bytes	
示例: 命令帧 5A 52 01 02 C1 70 //查询 1#SSPC 通道负载的电压 应答帧 5A 52 01 06 C1 E5 D0 DE 41 48 //SSPC 应答负载电压为 27.852V					
13	负载电流查询	0C2H	查询负载当前电流。 参数: 无。	6 Bytes	工作态
	应答		参数: 4Bytes, 32-bit 浮点数。低位字节先。	10 Bytes	
示例: 命令帧 5A 52 01 02 C2 71 //查询 1#SSPC 通道负载的电流 应答帧 5A 52 01 06 C2 85 EB 71 40 96 //SSPC 应答负载电流为 3.78A					
14	离散状态查询	0C3H	查询通道负载关键离散状态: 过载、短路、MOS 管状态、汇流条状态等。 参数: 无。	6 Bytes	工作态

序号	命令名称	命令码	说明及参数	帧长	备注
	应答		参数: 1Bytes, 8-bit 无符号整数。低位字节先。定义详见表 7。	7 Bytes	
示例: 命令帧 5A 52 01 02 C3 72 // 查询 1#SSPC 通道负载的离散状态 应答帧 5A 52 01 03 C3 11 84 // 反馈汇流条有电、通道打开、无过载、无短路					
SSPC 异常应答					
15	接收错误应答	0E0H	在通信校验失败时 SSPC 反馈该数据帧 参数: 无。	6 Bytes	
16	参数错误应答	0E1H	在 SSPC 接收命令参数非法时反馈该帧 参数: 无。	6 Bytes	
17	工作模式不匹配	0E2H	当所接收命令不适合当前模式时反馈该帧 参数: 无。	6 Bytes	

注: 应答帧 ID 值, 为与命令帧匹配的 ID 值; 当命令帧为通用 ID 时, 应答帧 ID 为模块第一 ID。

表6 通信配置命令参数定义

序号	类别	位定义	含义	备注
1	波特率配置 (低 6 位)	00 0000	1200 bps	
2		00 0001	2400 bps	
3		00 0010	4800 bps	
4		00 0011	9600 bps	
5		00 0100	14400 bps	
6		00 0101	19200 bps	
7		00 0110	28800 bps	
8		00 0111	38400 bps	
9		00 1000	57600 bps	
10		00 1001	115200 bps	
11		00 1010	128000 bps	
12		00 1011	230400 bps	
13		00 1100	256000 bps	
14	校验位配置 (高 2 位)	00	无校验	
15		01	奇校验	
16		10	偶校验	
17		11	预留	

表7 离散状态位定义

位号	功能	定义	备注
bit7	—		msb
bit6	—		
bit5	—		
bit4	汇流条状态	0-无电, 1-有电	
bit3	短路	0-正常, 1-短路	
bit2	过载	0-正常, 1-过载	
bit1	过热	0-正常, 1-过热	
bit0	开关状态	0-关, 1-开	lsb

通信示例

外设与 SSPC 按通信协议规定的格式进行通信, SCI 为全双工通信方式, 当 SSPC 接收到外设的命令信息帧时, 校验无误, 则做出相应的应答。命令有带参数命令与无参数命令, SSPC 的应答帧根据命令的不同, 也

有带参数的应答与不带参数的应答。SSPC 具有错误应答功能，通过错误应答帧指出当前的通信错误。

例：I²t 曲线编程设置过程

将 1#SSPC 的 I²t 保护曲线设置为初始值的 80%。

步骤 1：设置 0x01 号 SSPC 进入维护态

命令帧 5A 52 01 03 B0 01 61 // 设置 1#SSPC 进入维护态

应答帧 5A 52 01 02 B0 5F // SSPC 应答

步骤 2：设置 I²t 保护曲线

命令帧 5A 52 01 03 A3 50 A3 // 将 1#SSPC 的保护曲线设置为初始值的 80%

应答帧 5A 52 01 02 A3 52 // SSPC 应答

步骤 3：设置 0x01 号 SSPC 进入工作态

命令帧 5A 52 01 03 B0 00 60 // 设置 1#SSPC 进入工作态

应答帧 5A 52 01 02 B0 5F // SSPC 应答

多模块系统构建

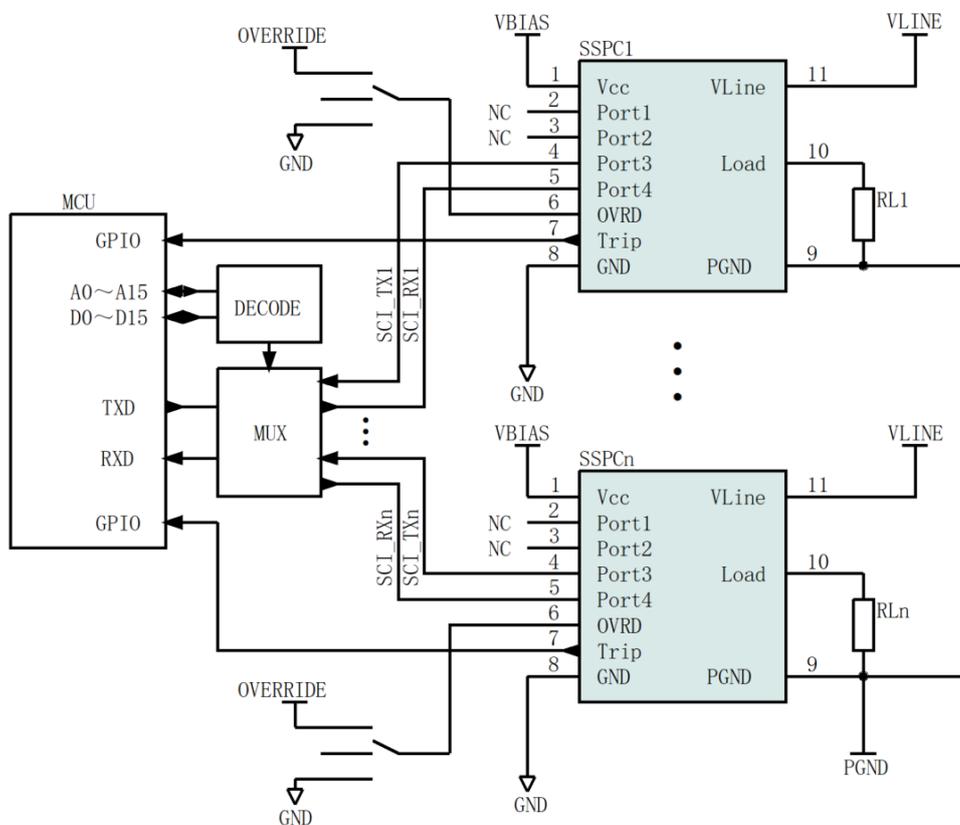


图4 多 SCI 接口模块交联

SPI 型模块 (HDSPC28M-5YX)

接口描述

HDSPC28M-5YX 为 SPI 接口模块。将 MCU 的 SPI 接口配置为主模式 (MASTER)，NSS 脚为 SPI 使能信号，用 MCU 的 I/O 脚产生使能信号，使能 SSPC 的 SPI 端口。描述如下。

■ NSS-SPI 接口使能

低电平有效。当多路 SSPC 级连时，NSS 脚上的逻辑 0 使能 SPI 接口，逻辑 1 禁止 SPI 接口。NSS 的下降沿复位 SSPC 的位计数器。必须注意，在每个字节的传输时，NSS 信号必须比第一个有效的 SCK 时钟沿至少提前 2 个系统时钟周期 (82ns) 变为低电平。

■ 传输速率

SSPC 的 SPI 接口在全双工通信时最大传输速率可达 1MHz，MASTER 提供 SSPC 的 SCK 时钟及 NSS 使能信号。当 MASTER 仅向 SSPC 发送数据时，其最大传输速率可达 1.5MHz。

■ Data/Clock 时序

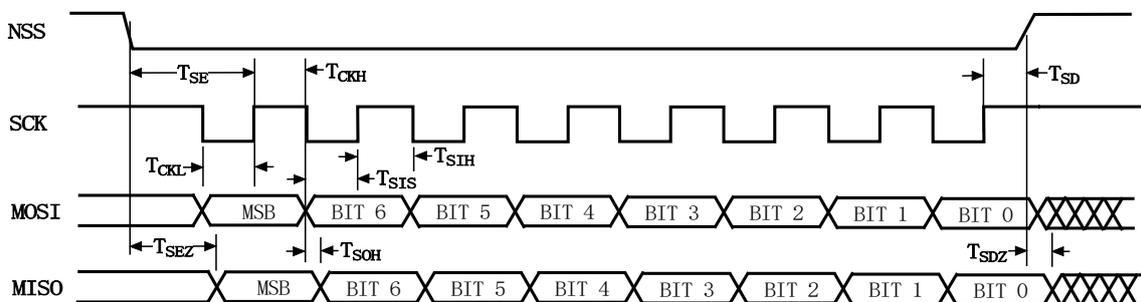


图5 SPI 接口访问时序图

表8 SPI 时序参数表

参数	描述	最小	最大	单位
T _{SE}	NSS 下降沿到首个 SCK 沿的间隙	82	—	ns
T _{SD}	末尾 SCK 沿到 NSS 上升沿的间隙	82	—	ns
T _{SEZ}	NSS 下降沿到首个 MISO 有效信号的间隙	—	164	ns
T _{SDZ}	NSS 上升沿到 MISO 高阻态的间隙	—	164	ns
T _{CKH}	SCK 信号为高的时间	205	—	ns
T _{CKL}	SCK 信号为低的时间	205	—	ns
T _{SIS}	MOSI 信号有效到采样点的间隙	82	—	ns
T _{SIH}	采样点到 MOSI 信号改变时的间隙	82	—	ns
T _{SOH}	时钟移位沿到 MISO 信号变化的间隙	—	164	ns

帧格式

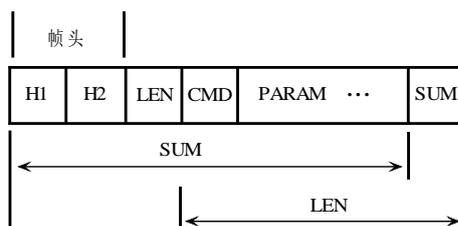


图6 SPI 通信数据帧

其中，帧域定义如下表所述：

表9 SPI 通信数据帧域定义

序号	标识	帧名	长度	定义	备注
1	H1 H2	帧头	2Bytes	帧开始标志	固定为：5AH 52H
2	LEN	长度	1 Byte	其代表帧中命令域、参数域及校验和数据的长度	
3	CMD	命令	1 Byte	标识帧功能	
4	PARAM	参数	不定	命令的参数	
5	SUM	校验和	1 Byte	帧中所有其它字节的算术累加的最低字节	

协议内容

SPI 通信协议见表 10，其定义了通信数据帧中的“命令参数”，且命令和其应答的码值相同。

SPI 通信以应答模式进行，即主机发命令，从机做应答，且应答需在规定时间（由“应答留存时间”确定）内读取。通信中 SPI 模块作为从机。

表10 SPI 通信协议

序号	命令名称	命令	说明及参数	帧长	备注
1	工作状态设置	0B0H	设置 SSPC 的工作状态（维护态或工作态），上电默认为工作态。 参数：1Byte。00H-工作态，01H-维护态。	6Bytes	维护/ 工作态
	应答		参数：无。	5Bytes	
示例：命令帧 5A 52 03 B0 01 60 //设置 SSPC 进入维护态 应答帧 5A 52 02 B0 5E //SSPC 应答					
2	通信状态查询	0B1H	查询 SSPC 当前通信状态，SSPC 反馈当前状态（维护或工作态）。 参数：无	5Bytes	维护/ 工作态
	应答		参数：1Byte。SSPC 当前状态。00H-工作态，01H-维护态	6Bytes	
示例：命令帧 5A 52 02 B1 5F //查询 SSPC 的通信状态 应答帧 5A 52 03 B1 01 61 //反馈 SSPC 的当前状态为维护态					
3	通信配置	0A0H	设置 SPI 时钟模式及应答留存时间，且设置非易失。 默认时钟模式为 MODE0，应答留存时间 100ms。 参数：1Byte，最低 2 位表示时钟模式，接下 5 位表示应答留存时间，最高位预留。具体定义详见表 11。	6Bytes	维护态
	应答		无。	5Bytes	
示例：命令帧 5A 52 03 A0 74 C3 //设置时钟模式为 MODE0，应答留存时间为 3s。 应答帧 5A 52 02 A0 4E //对通信配置命令的应答。					
4	定额调整	0A1H	调整 SSPC 的额定电流。 参数：1 Byte，20~100（初始定额的百分比）。	6Bytes	维护态
	应答		参数：无。	5Bytes	
示例：命令帧 5A 52 03 A1 1E 6E //将 SSPC 的额定电流设置为额定值的 30% 应答帧 5A 52 02 A1 4F //SSPC 应答					
5	I ² t 曲线编程	0A3H	调整过载保护曲线，调整范围为初始值的 80%~180%。 参数：1Byte，80~180（初始值的百分比）。	6Bytes	维护态
	应答		参数：无。	5Bytes	
示例：命令帧 5A 52 03 A3 50 A2 //将 SSPC 的保护曲线设置为初始值的 80% 应答帧 5A 52 02 A3 51 //SSPC 应答					

6	当前定额查询	0A4H	反馈 SSPC 当前定额信息(初始定额的百分比)。 参数: 无。	5Bytes	维护态
	应答		参数: 1 Byte, 20~100(初始定额的百分比)	6Bytes	
示例: 命令帧 5A 52 02 A4 52 //查询SSPC的当前定额值 应答帧 5A 52 03 A4 1E 71 //反馈SSPC的当前定额值为额定值的30%					
7	初始定额查询	0A5H	反馈 SSPC 初始定额信息。 参数: 无。	6Bytes	维护态
	应答		参数: 1 Byte	7Bytes	
示例: 命令帧 5A 52 02 A5 53 //查询SSPC的初始定额值 应答帧 5A 52 03 A5 05 59 //反馈SSPC的初始定额值为5A					
8	通道开关	0C0H	在非超控态时, 实现通道的开关。 参数: 1Byte。01H-开, 00H-关	6Bytes	工作态
	应答		参数: 无。	5Bytes	
示例: 命令帧 5A 52 03 C0 01 70 //开通SSPC通道 应答帧 5A 52 02 C0 6E //SSPC应答					
9	负载电压查询	0C1H	查询负载当前电压。 参数: 无。	5Bytes	工作态
	应答		参数: 4Bytes。32-bit 浮点数。低位字节先。	9Bytes	
示例: 命令帧 5A 52 02 C1 6F //查询SSPC通道负载的电压 应答帧 5A 52 06 C1 E5 D0 DE 41 47 //SSPC应答负载电压为27.852V					
10	负载电流查询	0C2H	查询负载当前电流。 参数: 无。	5Bytes	工作态
	应答		参数: 4Bytes, 32-bit 浮点数。低位字节先。	9Bytes	
示例: 命令帧 5A 52 02 C2 70 //查询SSPC通道负载的电流 应答帧 5A 52 06 C2 85 EB 71 40 95 //SSPC应答负载电流为3.78A					
11	离散状态查询	0C3H	查询通道负载关键离散状态: 过载、短路、MOS管状态、汇流条状态等。 参数: 无。	5Bytes	工作态
	应答		参数: 1Bytes, 8-bit 无符号整数。低位字节先。定义详见表7。	6Bytes	
示例: 命令帧 5A 52 02 C3 71 //查询SSPC通道负载的离散状态 应答帧 5A 52 03 C3 11 83 //反馈汇流条有电、通道打开、无过载、无短路					
SSPC 异常应答					
12	接收错误应答	0E0H	在通信校验失败时 SSPC 反馈该数据帧 参数: 无。	5Bytes	
13	参数错误应答	0E1H	在 SSPC 接收命令参数非法时反馈该帧 参数: 无。	5Bytes	
14	工作模式不匹配	0E2H	当接收的命令不适合在当前模式运行时, 反馈该帧 参数: 无。	5Bytes	

表11 SPI 通信配置参数定义

位号	功能	定义	备注
bit7	预留	—	msb
bit6	应答留存时间	令 bit6~bit2=n, 则代表的应答留存时间为(n+1)×100ms。最大可选时间 3.2s。	
bit5			
bit4			
bit3			
bit2			
bit1	时钟模式	其定义见表1。 0→MODE0 1→MODE1 2→MODE2 3→MODE3。	
bit0			1sb

表12 SPI 时钟模式定义

	CPHA	CPOL	描述
MODE0	0	0	总线空闲时钟低，首沿采样。
MODE1	0	1	总线空闲时钟高，首沿采样。
MODE2	1	0	总线空闲时钟低，次沿采样。
MODE3	1	1	总线空闲时钟高，次沿采样。

注：CPHA 时钟相位，CPOL 时钟极性

通信操作

SPI 通信以应答模式进行，即主机发命令，从机做应答，若主机不发命令，从机模块无 SPI 输出。

注意：从机模块的应答输出，必须在从机接收到命令（即主机发出命令）后 100ms（应答留存时间）内读取，超期，则读取的应答输出无效。

在多模块系统中，详见图 7，主机通过不同的 IO 口分别控制系统中每个从机模块是否接入 SPI 总线。要求在某一时刻，SPI 总线上只能有一个从机模块有效（将其 Port2 置低，所有其他模块的 Port2 置高），当然也可全部无效。

多模块系统构建

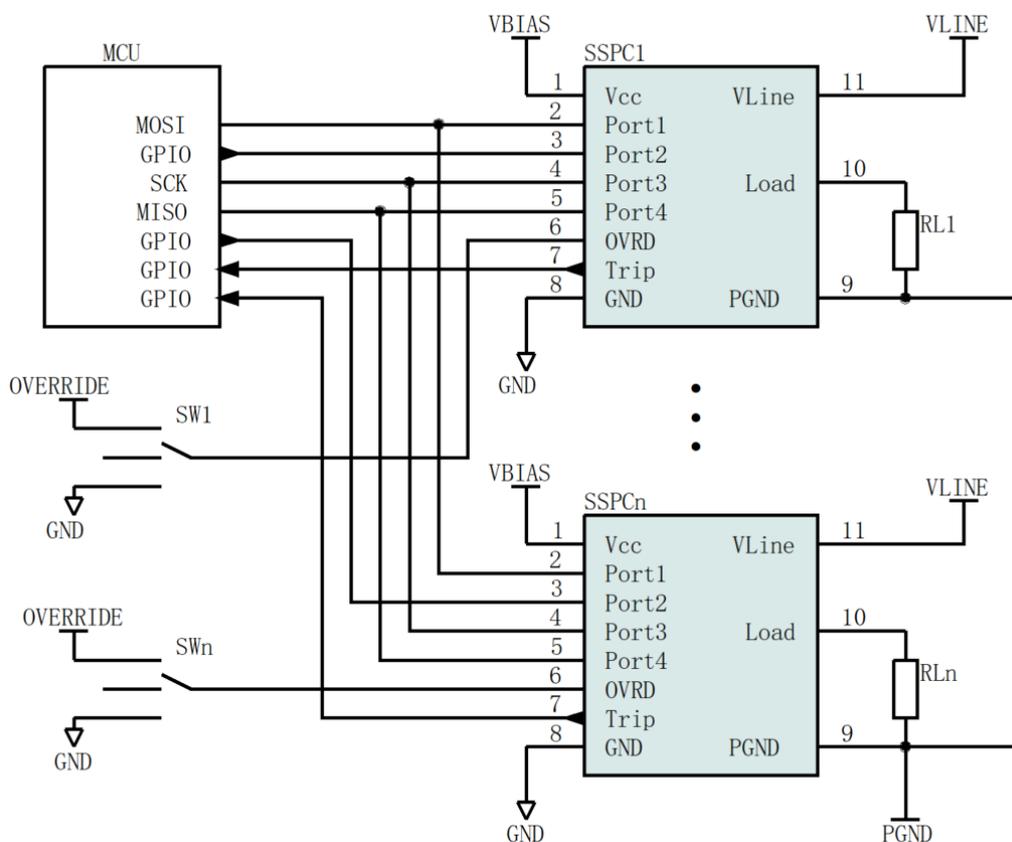


图7 多 SPI 接口模块互联

CAN 型模块（HDSPC28M-5CX/CxX）

接口描述

■ 通信配置

模块 CAN 通信配置要求如下：

- 1) 符合 CAN2.0A/B (2.0A: basic CAN, 2.0B: full CAN);
- 2) 默认波特率 500Kbps, 应用中, 可据使用场合进行配置调整, 最大速率 1Mbps;
- 3) 模块应用时, 需外接 CAN 收发器 (驱动器) 方可使用;
- 4) 选用适当驱动模块, 及适当通信链路, 通信节点最多达 110 个。

■ 通信 ID

同 SCI/UART 模块一样, CAN 模块具有专用 ID 和通用 ID。专用 ID 可命令更改, 在多模块组网时使用; 通用 ID 为模块固有, 应用中不可修改, 可在模块配置时使用, 也可在点对点通信时使用 (当然, 可用专用 ID 进行点对点通信)。

关于模块通信 ID 现做以下规定:

- 1) CAN 模块通信使用标准标识符 (Standard Identifier), 即 CAN 帧 ID 域 11-bit;
- 2) 可用通信 ID: 000H~7FFH (共计 2048 个), 其中:
 - a) 000H~6FFH (共 1792 个) 为用户可以配置的专用通信 ID;
 - b) 700H~7FEH (共 255 个) 为模块预留 ID, 用户不能使用;
 - c) 7FFH 为通用通信 ID, 在任何时候都可使用。
 ID 号越小, 优先级越高, 即 000H 为最高优先级 ID, 7FFH 为最低优先级 ID。
- 3) 模块通信 ID (接收) 分配方案:
 - a) 7FFF 为模块接收的通用通信 ID (模块接收), 不可更改, 用户可用此 ID, 向模块发送数据, 进行模块配置, 或点对点通信;
 - b) 专用通信 ID (模块接收), 用于模块接收信息, 出厂默认为 0x6FF, 用户可命令更改, 有效设定区域 ($\in [000H, 6FFH]$)。
- 4) 模块发送通信 ID 不需单独设定, 因为接收帧数据域中含有源端 ID (参见帧格式), 且与模块的所有有效通信皆以“应答方式”进行。模块应答时, 皆以接收帧中的“源端 ID”为发送 ID, 进行应答发送。

帧格式

通信使用 CAN 标准数据帧进行, 这里的通信帧格式, 描述了对 CAN 数据帧数据域 (Data Field, 最大长度 8 字节) 的使用。

模块通信帧采用定长格式, 长度恒为 8 字节, 其格式定义如下:

表13 模块 CAN 通信帧格式

dat0	dat1	dat2	dat3	dat4	dat5	dat6	dat7
CMD	PARAM			SRC_ID		CHK	

注: dat0 数据域首个字节, 最先发送或接收, dat7 为最后字节

表14 模块 CAN 通信帧域定义

序号	标识	域名	长度	定义	备注
1	CMD	命令	1 Byte	标示帧功能	详见下表“CAN 通信协议”
2	PARAM	参数	不定	命令参数	最多 4BYTE, 不足以零填充。对于多字节参数, 低位字节先传。
3	SRC_ID	源端 ID	2 Byte	发送当前帧的实体的 CAN 接收 ID。	11-bit, 低位字节先传。对于 SSPC 反馈帧, 该内容为其专用接收 ID。

序号	标识	域名	长度	定义	备注
4	CHK	校验和	1 Byte	帧中所有其它字节的算术累加和的最低字节	

按 CAN 协议要求，通信帧（数据帧）数据域（Data Field）中，dat0 最先传输，依次其后，dat7 最后传输。

协议内容

这里，给出 CAN 通信帧中命令域（CMD）与参数域（PARAM）的定义：

表15 CAN 通信协议

序号	命令名称	命令码	说明及参数	参数长度	备注
1	工作状态设置	0B0H	设置 SSPC 的工作状态（维护态或工作态），上电默认为工作态。 参数：1Byte。00H-工作态，01H-维护态。	1 Byte	维护/工作态
	应答		参数：无。	0 Byte	
示例：命令帧 B0 01 00 00 00 FF 06 B6 // 设置SSPC进入维护态,且源端接收ID为6FFH。 应答帧 B0 00 00 00 00 23 01 D4 // SSPC 应答,且源端ID(即SSPC专用接收ID)为123H。					
2	通信状态查询	0B1H	查询 SSPC 当前通信状态，SSPC 反馈当前状态（维护或工作态，及模块专用接收 ID）。 参数：无	0 Byte	维护/工作态
	应答		参数：1Byte。SSPC 当前状态。00H-工作态，01H-维护态；	1 Byte	
示例：命令帧 B1 00 00 00 00 FF 06 B6 // 查询SSPC的通信状态。 应答帧 B1 01 00 00 00 23 01 D6 // 反馈SSPC的当前状态为维护态。					
3	通信配置	0A0H	设置 CAN 通信波特率。 设置完毕，重新上电，方可生效。 参数：1 Byte。 1) 00H→1000Kbps; 2) 01H→500Kbps（默认配置）; 3) 02H→250Kbps; 4) 03H→150Kbps; 5) 04H→125Kbps; 6) 05H→100Kbps; 7) 06H→50Kbps; 8) 07H→10Kbps.	1 Byte	维护态
	应答		参数：1 Byte。当前波特率索引。 为实现对通信波特率的外部测量，SSPC 在 16s 内未正确收到通信命令帧，将自动周期（16s）发送本应答帧。	1 Byte	
示例：命令帧 A0 07 00 00 00 FF 06 AC // 设置CAN通信波特率为10Kbps。 应答帧 A0 00 00 00 00 23 01 C4 // 通信配置SSPC应答。					
4	定额调整	0A1H	调整 SSPC 的额定电流。 参数：1 Byte，20~100（初始定额的百分比）。	1 Byte	维护态
	应答		参数：无。	0 Byte	
示例：命令帧 A1 1E 00 00 00 FF 06 C4 // 将SSPC额定电流设置为额定值的30%。 应答帧 A1 00 00 00 00 23 01 C5 // 定额调整SSPC应答。					
5	ID号设置	0A2H	设置 SSPC 的专用接收 ID。利用通用 ID 进行 ID 号设置。 设置完毕，重新上电，方才生效。 参数：2Byte，有效 ID：000H~6FFH。 低位字节先传。	2 Byte	维护态

序号	命令名称	命令码	说明及参数	参数长度	备注
	应答		参数: 无。	0 Byte	
示例: 命令帧 A2 23 01 00 00 FF 06 CB // 设置SSPC的专用接收ID为123H。 应答帧 A2 00 00 00 00 23 01 C6 // ID设置SSPC应答。					
6	I ² t 曲线编程	0A3H	调整过载保护曲线, 调整范围为初始值的80%~180%。 参数: 1Byte, 80~180 (初始值的百分比)。	1 Byte	维护态
	应答		参数: 无。	0 Byte	
示例: 命令帧 A3 A0 00 00 00 FF 06 48 // 将SSPC的保护曲线设置为初始值的160%。 应答帧 A3 00 00 00 00 23 01 C7 // SSPC应答。					
7	当前定额查询	0A4H	反馈 SSPC 当前定额信息 (初始定额的百分比)。 参数: 无。	0 Byte	维护态
	应答		参数: 1 Byte, 20~100 (初始定额的百分比)	1 Byte	
示例: 命令帧 A4 00 00 00 00 FF 06 A9 // 查询SSPC的当前定额值 应答帧 A4 1E 00 00 00 23 01 E6 // 反馈SSPC的当前定额值为额定值的30%					
8	初始定额查询	0A5H	反馈 SSPC 初始定额信息。 参数: 无。	0 Byte	维护态
	应答		参数: 1 Byte	1 Byte	
示例: 命令帧 A5 00 00 00 00 FF 06 AA // 查询SSPC的初始定额值 应答帧 A5 1E 00 00 00 23 01 E7 // 反馈SSPC的初始定额值为30A					
9	ID2 设置	0A7H	SSPC 第二 ID 设置。 出厂默认 0x6FF, 第一 ID 和第二 ID 都可用于多播和单播通信。 实现中, 第一 ID 与第二 ID 无区别。 2Byte: 预设的第二 ID, 低位字节先传。重新上电, 设置方能生效。	2 Byte	维护态
	应答		参数: 无。	0 Byte	
示例: 命令帧 A7 66 06 00 00 FF 06 18 // 利用通用ID, 将SSPC的第二ID号设置为0666H 应答帧 A7 00 00 00 00 23 01 CB // SSPC应答					
10	ID 查询	0A8H	查询第一 ID 和第二 ID。 无参数。	0 Byte	维护态
	应答		4Byte (B1 B2 B3 B4) B1 B2: 第一 ID; B3 B4: 第二 ID。	4 Byte	
示例: 命令帧 A8 00 00 00 00 FF 06 AD // 利用通用ID 查询模块的第一ID和第二ID。 应答帧 A8 23 01 66 06 23 01 5C // SSPC 应答					
11	通道开关	0C0H	在非超控态时, 实现通道的开关控制。 参数: 1Byte。01H-开, 00H-关	1 Byte	工作态
	应答		参数: 无。	0 Byte	
示例: 命令帧 C0 01 00 00 00 00 07 C8 // 开通SSPC 应答帧 C0 00 00 00 00 23 01 E4 // SSPC 开通应答					
12	负载电压查询	0C1H	查询负载当前电压。 参数: 无。	0 Byte	工作态
	应答		参数: 4Bytes。32-bit 浮点数。低位字节先。	4 Byte	
示例: 命令帧 C1 00 00 00 00 00 07 C8 // 查询SSPC通道负载的电压 应答帧 C1 E5 D0 DE 41 23 01 B9 // SSPC 应答负载电压为27.852V					
13	负载电流查询	0C2H	查询负载当前电流。 参数: 无。	0 Byte	工作态
	应答		参数: 4Bytes, 32-bit 浮点数。低位字节先。	4 Byte	
示例: 命令帧 C2 00 00 00 00 00 07 C9 // 查询SSPC通道负载的电流					

序号	命令名称	命令码	说明及参数	参数长度	备注
应答帧 C2 85 EB 71 40 23 01 07 // SSSC 应答负载电流为 3.78A					
14	离散状态查询	0C3H	查询通道负载关键离散状态：过载、短路、MOS管状态、汇流条状态等。 参数：无。	0 Byte	工作态
	应答		参数：1Bytes，8-bit 无符号整数。低位字节先。定义详见下表。	1 Byte	
示例：命令帧 C3 00 00 00 00 00 07 CA // 查询SSPC 通道负载的离散状态 应答帧 C3 11 00 00 00 23 01 F8 // 反馈汇流条有电、通道打开、无过载、无短路					
SSPC 异常应答					
15	接收错误应答	0E0H	在通信校验失败时 SSSC 反馈该数据帧。 参数：无。 应答帧 E0 00 00 00 00 23 01 04	0 Byte	
16	参数错误应答	0E1H	在 SSSC 接收命令参数非法时反馈该帧。 参数：无。 应答帧 E1 00 00 00 00 23 01 05	0 Byte	
17	工作模式不匹配	0E2H	当所接收命令不适合当前模式时反馈该帧。 参数：无。 应答帧 E2 00 00 00 00 23 01 06	0 Byte	
18	命令不存在	0E3H	在 SSSC 接收的命令非法时反馈此帧。 参数：无。 应答帧 E3 00 00 00 00 23 01 07	0 Byte	

通信示例

外部设备与 SSSC 按通信协议规定格式进行通信，当 SSSC 接收到外设的通信帧时，校验无误，则做出相应应答。命令有带参数命令与无参数命令，SSPC 应答帧根据命令的不同，也有带参数应答与不带参数应答。SSPC 具有错误应答功能，通过错误应答帧指出当前的通信错误。

例：I²t 曲线编程设置过程

将 SSSC 的 I2t 保护曲线设置为初始值的 80%。

步骤 1：设置 SSSC 进入维护态

命令帧 B0 01 00 00 00 00 07 B8 // 设置SSPC 进入维护态

应答帧 B0 00 00 00 00 23 01 D4 //SSPC 应答

步骤 2：设置 I2t 保护曲线

命令帧 A3 A0 00 00 00 00 07 4A // 将SSPC 的保护曲线设置为初始值的 160%

应答帧 A3 00 00 00 00 23 01 C7 //SSPC 应答

步骤 3：设置 SSSC 进入工作态

命令帧 B0 00 00 00 00 00 07 B7 // 设置SSPC 进入工作态

应答帧 B0 00 00 00 00 23 01 D4 //SSPC 应答

多模块系统构建

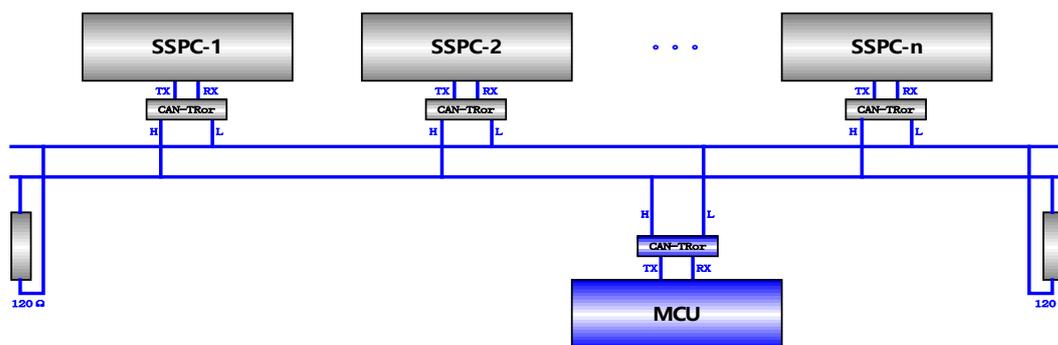


图8 模块组网拓扑结构

注：模块组网时，需在 CAN 总线两端的 H 和 L 间并入 120Ω 的平衡电阻。CANH/CANL 版无需 CNN-TRor。

测试电路

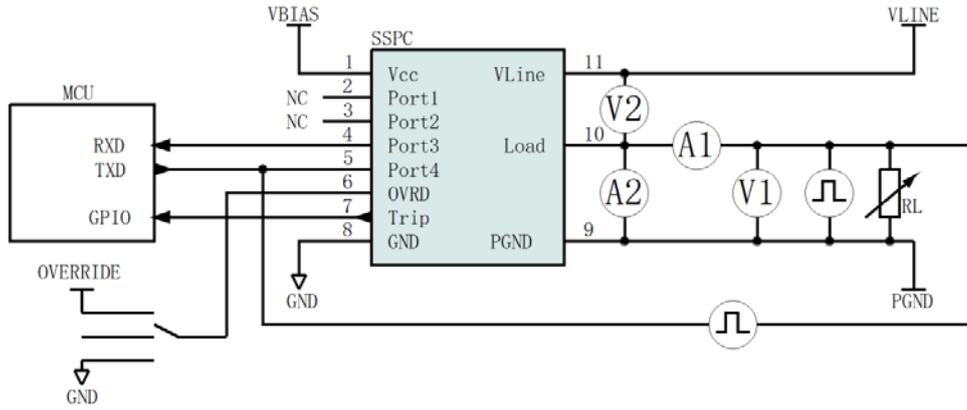


图9 SCI 型模块测试电路

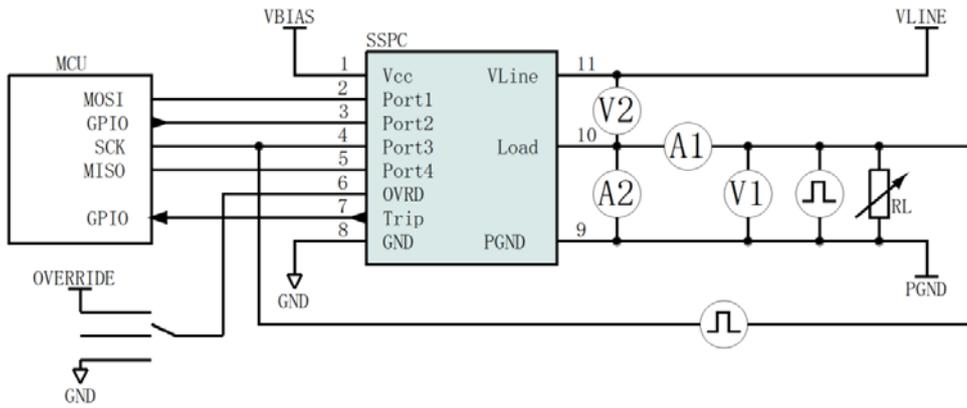


图10 SPI 型模块测试电路

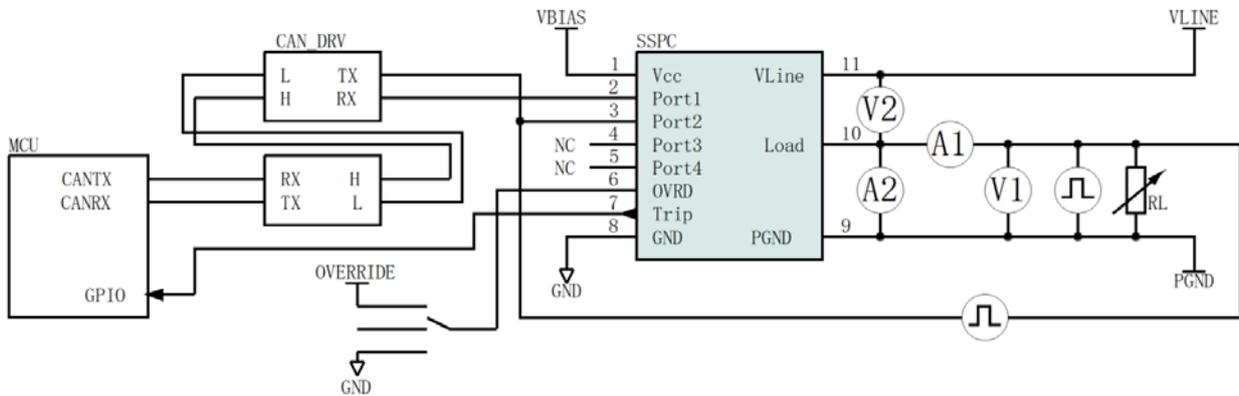
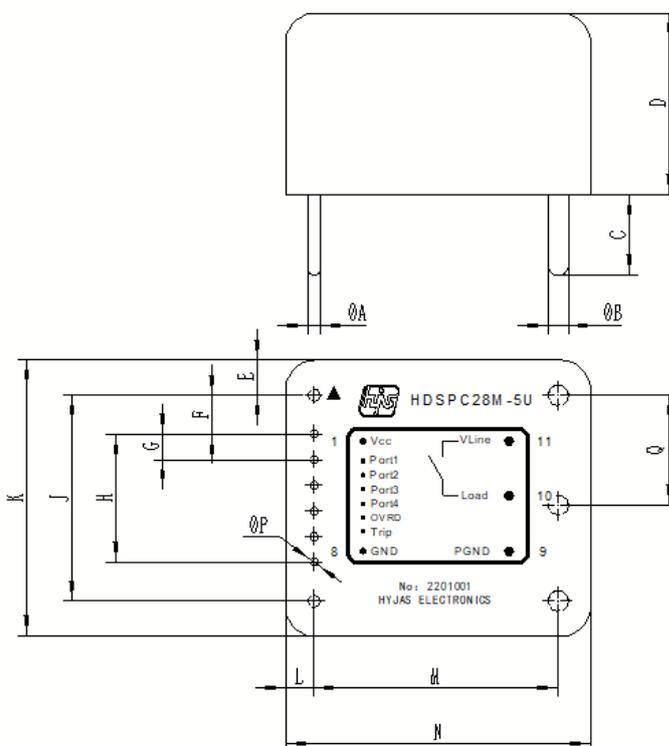


图11 CAN 型模块测试电路

注： CANH/CANL 版无需 CNN-DRV。

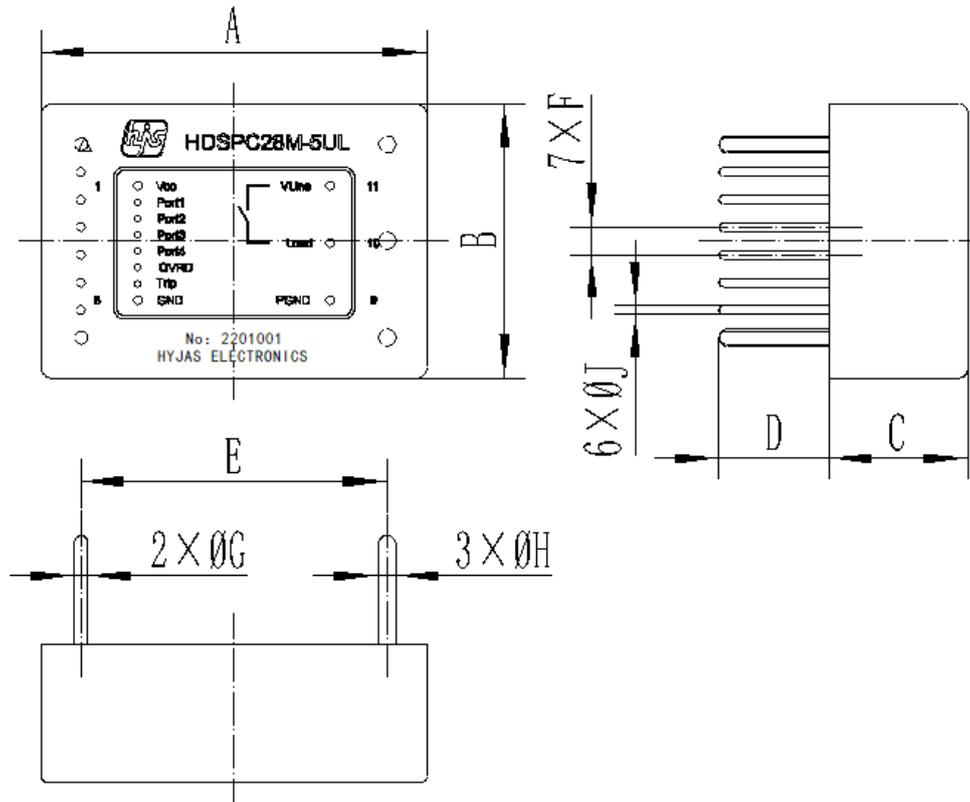
封装尺寸

PCB 安装形式高版尺寸



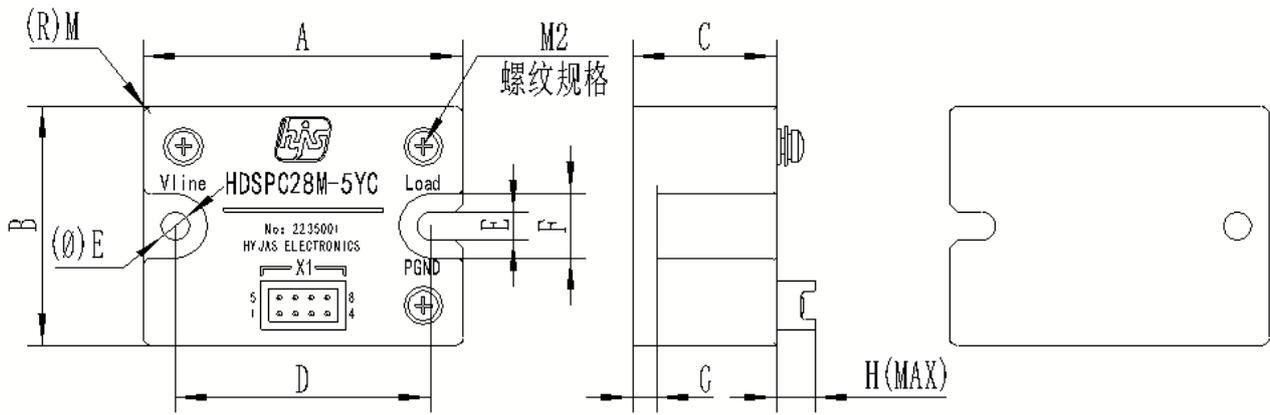
标号	毫米		英寸	
	最小	最大	最小	最大
A	1.1	1.3	0.043	0.047
B	1.9	2.1	0.075	0.079
C	4.5	8.2	0.177	0.323
D	18.0	18.4	0.709	0.724
E	3.4	3.6	0.134	0.142
F	3.8	4.0	0.150	0.157
G	2.4	2.7	0.094	0.106
H	12.5	12.9	0.492	0.508
P	0.7	0.9	0.028	0.031
J	20.2	20.6	0.795	0.811
K	27.2	27.4	1.071	1.079
L	2.6	3.0	0.102	0.118
M	23.8	24.2	0.937	0.953
N	28.8	30.0	1.134	1.181
Q	10.8	11.0	0.425	0.433

PCB 安装形式低版尺寸



标号	毫米		英寸	
	最小	最大	最小	最大
A	35.2	35.4	1.386	1.394
B	25.1	25.3	0.988	0.996
C	12.6	12.8	0.496	0.504
D	4.5	10.1	0.177	0.398
E	27.8	28.0	1.094	1.102
F	2.52	2.54	0.099	0.100
G	1.1	1.3	0.043	0.051
H	1.5	1.7	0.059	0.067
J	0.7	0.9	0.028	0.035

壳体式安装形式尺寸



标号	毫米		英寸	
	最小	最大	最小	最大
A	39.7	40.3	1.563	1.587
B	29.7	30.3	1.169	1.193
C	17.7	18.3	0.697	0.720
D	31.8	32.2	1.252	1.268
E	3.3	3.7	0.130	0.146
F	7.8	8.2	0.307	0.323
G	2.8	3.2	0.110	0.126
H	-	6	-	0.236
M	0.8	1.2	0.031	0.047

■ 引脚说明

引脚号	标识	描述			
		UART/SCI	SPI	CAN	
		HDSPC28M-5UL/UC	HDSPC28M-5YL/YC	HDSPC28M-5CL/CC	HDSPC28M-5CxL/CxC
1	Vcc	控制电源输入 (+5V)			
2	Port1	NC	通信端口 1 (MOSI)	通信端口 1 (CANTX)	通信端口 1 (CANH)
3	Port2	NC	通信端口 2 (NSS)	通信端口 2 (CANRX)	通信端口 2 (CANL)
4	Port3	通信端口 3 (TXD)	通信端口 3 (SCK)	NC	NC
5	Port4	通信端口 4 (RXD)	通信端口 4 (MISO)	NC	NC
6	OVRD	超控输入。接地表示超控关，接高电平 (28V) 表示超控开，悬空表示禁止超控功能。			
7	Trip	跳闸状态指示。当产生跳闸或过流保护时，输出低电平，此时能驱动一个 LED (20mA) 指示灯；正常工作时输出高电平。具有内部上拉电阻。			
8	GND	控制电源地			
9	PGND	功率电源输出端			
10	Load	负载输入正端			
11	VLine	功率电源输入端			

订货信息

模块型号	工作温度
HDSPC28I-5UL	-40~+85°C
HDSPC28I-5YL	
HDSPC28I-5CL	
HDSPC28I-5CxL	
HDSPC28M-5UL	-55~+105°C
HDSPC28M-5YL	
HDSPC28M-5CL	
HDSPC28M-5CxL	
HDSPC28V-5UL	-55~+125°C
HDSPC28V-5YL	
HDSPC28V-5CL	
HDSPC28V-5CxL	
HDSPC28I-5UC	-40~+85°C
HDSPC28I-5YC	
HDSPC28I-5CC	
HDSPC28I-5CxC	
HDSPC28M-5UC	-55~+105°C
HDSPC28M-5YC	
HDSPC28M-5CC	
HDSPC28M-5CxC	
HDSPC28V-5UC	-55~+125°C
HDSPC28V-5YC	
HDSPC28V-5CC	
HDSPC28V-5CxC	

H	D	SPC	28	M	-5	x	C
品牌代号	驱动类型	产品类型	驱动电压	质量等级	额定电流	总线类型	封装类型
Hyjas	A: 交流	固态功率	28: 28V	I: 工业级	5: 5A	U: SCI 总线	L: 低版 (12.7mm) 纵向低, 安装面大 C: 壳体式, 螺钉安装, 支持轨道安装
	D: 直流	控制器	115: 115V	M: 军用级	10: 10A	Y: SPI 总线	
			220: 220V	V: 宇航级	15: 15A	C: CAN 总线 (TTL)	
			270: 270V		20: 20A	Cx: CAN 总线 (H/L)	
					30: 30A		
					40: 40A		

50:50A

80:80A

100:100A

联系方式

咨询或订货请联系上海黑捷士电子有限公司或代理商。

电话： 86-21-5429 6865

传真： 86-21-6476 8434

邮箱： sales@hyjas.com

网址： www.hyjas.com