

L50T 信号机内部 CAN 总线 通信协议设计

南京洛普股份有限公司

文档修订记录

序 号	版本号	修改时间	修 改 人	审 核 人	备 注
1	1.0	2015.6.24	杨斐		创建文档
2	1.1	2015.7.24	杨斐		修改心跳帧和信息帧内容
3	1.2	2015.7.31	杨斐		修改信息帧的内容
4	1.3	2015.10.09	杨斐		修改与 MAU 相关的内容
5	1.4	2015.10.19	杨斐		应用信息中未使用位全部改为 0； 同一插槽的 DET 和 IOU 采用同一编 码，地址修改
6	1.5	2015.10.23	杨斐		修改 CSOR、FLSS、MAUS、LPAS 命令解释；增加 REMT 命令
7	1.6	2015.11.26	杨斐		修改 REMT 编号；增加 KNMS、 KSPS、...等 MAU 按键指示状态
8	1.7	2015.11.28	杨斐		状态 LPAS 修改为 PAOS；增加 PROS 和 PRIS 状态
9	1.8	2016.01.18	杨斐		增加与相关版本号的信息帧内容： MAVS、PDVS、SSVS、DTVS、IOVS； 增加 DIPS
10	1.9	2016.02.25	杨斐		修改版本号的信息帧内容：MAVS、 PDVS、SSVS、DTVS、IOVS
11	1.10	2016.05.05	覃勤		修改 PDnS 增加 PDU 单板供电状态
12	1.11	2016.6.16	覃勤		增加固件传输部分内容

本文档适合阅读人员：

■ 产品开发项目组（含设计人员、开发人员、测试人员）

目 录

1. 数据传输格式的制定	6
1.1. 数据格式的制定	6
1.2. 单帧数据传输格式	7
1.3. 多帧数据传输格式	7
2. CAN 总线	9
2.1. 帧格式	10
2.2. 帧类型及传输速率	10
2.3. 节点标识符	10
2.3.1. 节点地址	10
2.3.2. 节点标识符	11
2.3.3. CPU 发送	11
2.3.4. CPU 接收	12
2.4. 应用层协议	14
2.4.1. 心跳帧	14
2.4.2. 信息帧	14
3. 固件传输	32
3.1. 工作流程	33
3.2. 固件升级	33
3.2.1. 节点地址	33

3.2.2. 内部总线协议	33
---------------------	----

1. 数据传输格式的制定

本节制定了数据传输的格式,在原先 CAN 协议中只能实现小于等于 8 字节数据传输的基础上,实现了大于 8 字节数据的传输。

固件传输与正常数据传输使用不同协议,具体参考本文第三节。

1.1. 数据格式的制定

在 CAN2.0 规范中规定,每次收发最多只能传送 8 字节,由于应用的需要,此协议在 CAN2.0A 的基础上,定义了单帧数据和多帧数据(大于 8 字节)的传输。

信息传递格式如下表所示(以所用芯片寄存器为准):

数据位	7	6	5	4	3	2	1	0
数据类型、长度	FF	RTR	(0)	(0)	DLC.3	DLC.2	DLC.1	DLC.0
信息标识符	ID.28	ID.27	ID.26	ID.25	ID.24	ID.23	ID.22	ID.21
	ID.20	ID.19	ID.18	(RTR)	(0)	(0)	(0)	(0)
DATA0	DATA0.7~DATA0.3 保留					0 (固定)	DATA0.1~DATA0.0	
DATA1~7	X	X	X	X	X	X	X	X

各位含义如下:

- FF: 0 表示为标准格式, 1 表示为扩展格式; 本协议采用标准格式, 固定为 0;
- RTR: 0 表示为数据帧, 1 表示为远程帧; 本协议固定采用数据帧, 为 0;
- DLC.X: 数据长度代码位 (0~8);
- ID.X: 节点标识符, 表示数据帧类型和节点地址, 具体见下文描述;
- DATA0: 数据场的第一个字节, 本协议中用来表明数据的属性;

- DATA0.1/DATA0.0 为扩展位，‘0/0’表明数据长度小于 8 不用扩展，其他数据表明数据长度大于 8 需要扩展，其中，0/1 表示为多帧数据第一帧，1/0 表示为多帧数据中间帧，1/1 表示为多帧数据结束帧；
- DATA0.2 固定填充 0。

DATA0.1/DATA0.0 在本协议中作为标志位，用来区别单帧传输和多帧传输，以解决大于 8 字节的数据传输问题。当标志位为 0/1、1/0、1/1 时，表示传送的是多帧数据，为 0/0 时表示是单帧数据。按照本协议制定的格式传输数据时，单帧最多传输 7 字节的实际数据；当数据流长度大于 7 字节时，就要分成多帧传送。以下分别详细介绍单帧和多帧数据的传输格式。

1.2. 单帧数据传输格式

当传递的数据字节小于等于 7 时，采用单帧传递的方式。此时 DATA1~DATA7 为所传递的数据，该信息一次传完。DLC.3~DLC.0 (Length) 为数据字节数 (DATA0~DATA7)。单帧仅用于非固件数据传输。

单帧数据传递格式如下表所示：

数据位	7	6	5	4	3	2	1	0
数据类型、长度	FF	RTR	(0)	(0)	Length (本帧数据场的字节数)			
信息标识符	ID.28	ID.27	ID.26	ID.25	ID.24	ID.23	ID.22	ID.21
	ID.20	ID.19	ID.18	(RTR)	(0)	(0)	(0)	(0)
DATA0	DATA0.7~DATA0.3 保留					0	0	0
数据字节	DATA1~DATA _n (n<7)							

1.3. 多帧数据传输格式

当实际传递的数据字节数 $L > 7$ 时，采用多帧传递方式。

多帧信息第一帧传输格式如下表所示：

数据位	7	6	5	4	3	2	1	0
数据类型、长度	FF	RTR	(0)	(0)	Length (本帧数据场的字节数)			
信息标识符	ID.28	ID.27	ID.26	ID.25	ID.24	ID.23	ID.22	ID.21
	ID.20	ID.19	ID.18	(RTR)	(0)	(0)	(0)	(0)
DATA0	DATA0.7~DATA0.3 保留					0	0	1
数据字节	DATA1~DATA7							

多帧信息中间帧传输格式如下表所示：

数据位	7	6	5	4	3	2	1	0
数据类型、长度	FF	RTR	(0)	(0)	Length (本帧数据场的字节数)			
信息标识符	ID.28	ID.27	ID.26	ID.25	ID.24	ID.23	ID.22	ID.21
	ID.20	ID.19	ID.18	(RTR)	(0)	(0)	(0)	(0)
DATA0	DATA0.7~DATA0.3 保留					0	1	0
数据字节	DATA1~DATA7							

多帧信息结束帧传输格式如下表所示：

数据位	7	6	5	4	3	2	1	0
数据类型、长度	FF	RTR	(0)	(0)	Length (本帧数据场的字节数)			
信息标识符	ID.28	ID.27	ID.26	ID.25	ID.24	ID.23	ID.22	ID.21
	ID.20	ID.19	ID.18	(RTR)	(0)	(0)	(0)	(0)
DATA0	DATA0.7~DATA0.3 保留					0	1	1
数据字节	DATA1~DATA _n (n<7)							

在多帧传输过程中，需要注意以下几点：

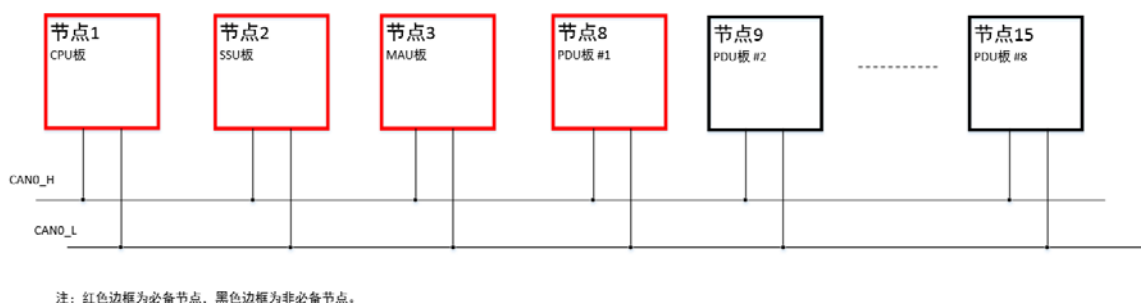
- DLC.x 为数据场的字节数，除最后一帧外，前面若干帧全部为 0x08，最后一帧的数据场字节数为 0x00~0x08；

- 在信息帧里面 DATA1 对应功能编号（低八位），DATA2 对应功能编号（高八位），每一帧数据都要有功能编号。
- 信息的最后一帧为结束帧，DATA0.1/DATA0.0 为 1/1，表明帧结束，数据传输完毕；
- DATA0.2 固定填充 0。

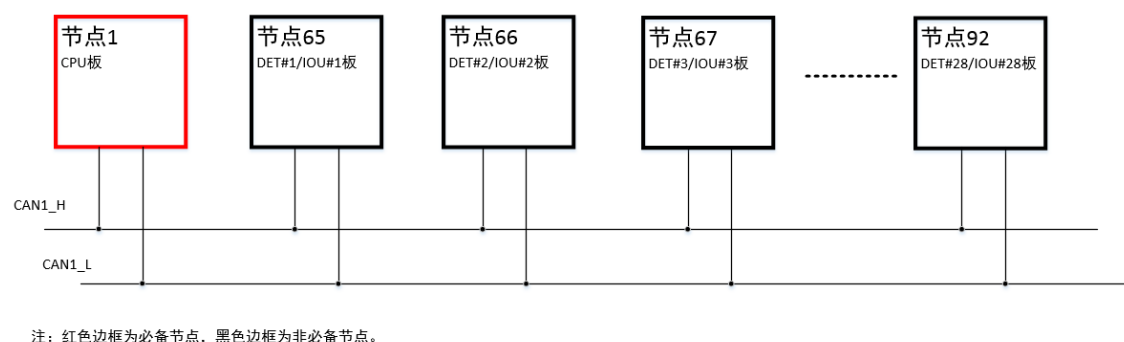
2. CAN 总线

基于第一章的数据传输格式，采用自定义的 CAN 总线应用层协议，实现各个 CAN0 和 CAN1 总线模块之间的数据传输，以完成信号机的业务功能要求。

CAN0 总线最多可接入 11 个节点模块，其中节点 1～节点 3 和节点 8 为固定存在节点模块，节点 9～节点 15 为用户可选节点模块。两个 PDU 节点模块间不应有空位。如下图所示。



CAN1 总线最多可接入 29 个节点模块，包括 CPU 板和 DET/IOU 板，其中节点 1 为固定存在节点模块，节点 65～节点 92 为用户可选节点模块。如下图所示。



2.1. 帧格式

基于 CAN2.0A 规范协议，采用 11 位识别符 ID 的标准帧。

2.2. 帧类型及传输速率

在应用层协议中仅使用数据帧在各节点间进行报文传输，CAN0 总线传输速率定义为 500Kbit/s，CAN1 总线传输速率定义为 500Kbit/s。

2.3. 节点标识符

2.3.1. 节点地址

各模块除 DET 和 IOU 以外，被分配了唯一的节点编号，以区分本节点和其他节点；同一位置上的 DET 和 IOU 采用一致的编码地址。各个单元模块的节点地址用 7 位二进制表示。

CAN0 总线节点地址如下表所示。

节点编号	单元标识	节点地址	节点编号	单元标识	节点地址
1	CPU	000 0001	0	CPU 以外所有节点	000 0000
2	SSU	000 0010	11	PDU4	000 1011
3	MAU	000 0011	12	PDU5	000 1100
8	PDU1	000 1000	13	PDU6	000 1101
9	PDU2	000 1001	14	PDU7	000 1110
10	PDU3	000 1010	15	PDU8	000 1111
4~7	000 0100~000 0111 保留		16~63 保留	001 0000~011 1111 保留	

CAN1 总线节点地址如下表所示。

节点编号	单元标识	节点地址
1	CPU	000 0001
97	DET/IOU 01	110 0001
98	DET/IOU 02	110 0010
99	DET/IOU 03	110 0011
...
123	DET/IOU 27	111 1011
124	DET/IOU 28	111 1100
125~127	111 1101~111 1111 保留	

根据设计，CPU 为所有模块的管理单元，所有数据在 CPU 汇总或转发，因此 CPU 向其他所有 CAN 总线上模块单元发送数据，而其他模块单元仅向 CPU 模块发送数据，彼此之间无数据交换。

2.3.2. 节点标识符

- ID.28 代表数据帧的类型，1 为心跳帧，0 为信息帧；
- ID.27~ID.26 默认为 0，无意义。
- ID.25 代表 ID.24~ID.18 表示的节点地址是发送地址还是接收地址，1 表示发送地址，0 表示接收地址；
- ID.24~ID.18 代表节点地址。

在此规定，心跳帧和信息帧为非广播帧，即需要指定接收节点。

根据 CAN 总线协议，ID 编号决定了数据帧发送的优先级。

2.3.3. CPU 发送

下表为 CPU 发送给各模块数据帧中的 ID 值：

从 CPU 模块发送的数据帧：												
ID.28	ID.27	ID.26	ID.25	ID.24	ID.23	ID.22	ID.21	ID.20	ID.19	ID.18	接收模块	总线
0/1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	SSU	CAN0
0/1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	MAU	
0/1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	PDU1	
0/1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	PDU2	
0/1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	PDU3	
0/1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	PDU4	
0/1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	PDU5	
0/1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	PDU6	
0/1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	PDU7	
0/1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	PDU8	
0/1	0	0	0	1	1	DET 节点地址低五位					DET	CAN1

0/1	0	0	0	1	1	IOU 节点地址低五位				IOU	
-----	---	---	---	---	---	-------------	--	--	--	-----	--

CPU 发送数据帧，各接收模块在收到不是发送给自己的数据帧时，建议进行硬件过滤，以节省 CPU 开销。这主要是通过设置各接收模块标识符列表模式下的过滤器实现的，即由硬件比较过滤器和报文标识符 ID.28~ID.18。例如，节点 9（PDU2）软件仅会接收到 CPU 发送给节点 9 的数据帧以及心跳帧。

2.3.4. CPU 接收

CPU 会收到其他模块发送的数据，若出现其他模块同时发送的现象，则由 CAN 硬件根据前述按优先级自动排序发送。

尽管只有挂在总线上固定的模块会向 CPU 发送数据帧，仍建议进行硬件过滤。CPU 可通过设置 CPU 模块标识符列表模式下的过滤器实现，由硬件比较过滤器和报文标识符 ID.28~ID.18。

2.3.4.1. SSU 发送数据

下表为 SSU 发送给 CPU 的 ID 值：

从 SSU 模块发送的心跳帧：											
ID.28	ID.27	ID.26	ID.25	ID.24	ID.23	ID.22	ID.21	ID.20	ID.19	ID.18	接收模块
1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	CPU
从 SSU 模块发送的信息帧：											
ID.28	ID.27	ID.26	ID.25	ID.24	ID.23	ID.22	ID.21	ID.20	ID.19	ID.18	接收模块
0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	CPU

2.3.4.2. MAU 发送数据

下表为 MAU 发送给 CPU 的 ID 值：

从 MAU 模块发送的心跳帧：											
ID.28	ID.27	ID.26	ID.25	ID.24	ID.23	ID.22	ID.21	ID.20	ID.19	ID.18	接收模块
1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	CPU
从 MAU 模块发送的信息帧：											
ID.28	ID.27	ID.26	ID.25	ID.24	ID.23	ID.22	ID.21	ID.20	ID.19	ID.18	接收模块

0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	CPU
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----

2.3.4.3. PDU 发送数据

下表为 PDU 发送给 CPU 的 ID 值：

从 PDU 模块发送的心跳帧：											
ID.28	ID.27	ID.26	ID.25	ID.24	ID.23	ID.22	ID.21	ID.20	ID.19	ID.18	接收模块
1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	CPU
								0	0	1	
								0	1	0	
								0	1	1	
								1	0	0	
								1	0	1	
								1	1	0	
								1	1	1	
从 PDU 模块发送的信息帧：											
ID.28	ID.27	ID.26	ID.25	ID.24	ID.23	ID.22	ID.21	ID.20	ID.19	ID.18	接收模块
0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	CPU
								0	0	1	
								0	1	0	
								0	1	1	
								1	0	0	
								1	0	1	
								1	1	0	
								1	1	1	

2.3.4.4. DET 发送数据

下表为 DET 发送给 CPU 的 ID 值：

从 DET 模块发送的心跳帧：											
ID.28	ID.27	ID.26	ID.25	ID.24	ID.23	ID.22	ID.21	ID.20	ID.19	ID.18	发送模块
1	0	0	1	DET 节点地址							DET
从 DET 模块发送的信息帧：											
ID.28	ID.27	ID.26	ID.25	ID.24	ID.23	ID.22	ID.21	ID.20	ID.19	ID.18	发送模块
0	0	0	1	DET 节点地址							DET

2.3.4.5. IOU 发送数据

下表为 IOU 发送给 CPU 的 ID 值：

从 IOU 模块发送的心跳帧：											
ID.28	ID.27	ID.26	ID.25	ID.24	ID.23	ID.22	ID.21	ID.20	ID.19	ID.18	发送模块
1	0	0	1	IOU 节点地址							IOU
从 IOU 模块发送的信息帧：											
ID.28	ID.27	ID.26	ID.25	ID.24	ID.23	ID.22	ID.21	ID.20	ID.19	ID.18	发送模块
0	0	0	1	IOU 节点地址							IOU

2.4. 应用层协议

2.4.1. 心跳帧

每秒钟由除 CPU 以外的模块首先发送，CPU 收到某个节点模块的心跳帧后即判定该模块在线。CPU 在收到某个节点模块的心跳帧后随即也返回心跳帧至相应的节点模块。各模块（含 CPU）对返回的心跳帧间隔进行判断，若超过 1.2 秒，则判定模块离线并报告故障。

心跳帧的数据内容为 0 个字节。

2.4.2. 信息帧

CPU 根据功能要求的不同在 CAN 总线上对节点模块发送信息帧，各节点模块同样根据功能要求的不同在 CAN 总线上对 CPU 模块发送信息帧，从而进行数据交换。各节点模块在收到其他模块发送的信息帧后不做回复。信息帧不作为节点模块在线的判定。

信息帧数据内容由下表组成：

字节 1	字节 2	后续字节
功能编号（低八位）	功能编号（高八位）	应用信息

2.4.2.1. 功能编号

CPU 与其他所有模块之间发送的数据以功能编号的形式进行分类，包括命令信息和状态信息，如下表所示。

编号	类型	功能	接收模块	发送模块	备注	发送频率
1	命令	LMPC	SSU	CPU	SSU 的外灯继电器切换命令	按需要随机
2	命令	DIMC	SSU	CPU	SSU 的暗灯继电器切换命令	按需要随机
3	命令	MFUC	SSU	CPU	SSU 的 MFU 继电器切换命令	按需要随机
4~10		保留				
11	命令	PASC	MAU	CPU	MAU 介入密码及使用命令	按需要随机
12~20		保留				
21	状态	MLMS	CPU	MAU	MAU 控制信号机关灯命令	按需要随机
22	状态	MMAS	CPU	MAU	MAU 手动/自动切换命令	按需要随机
23	状态	MFSS	CPU	MAU	MAU 闪灯控制命令	按需要随机
24	状态	MRTS	CPU	MAU	MAU 遥控功能使能命令	按需要随机
25	状态	MKYS	CPU	MAU	MAU 按键控制命令	按需要随机
26	状态	MAVS	CPU	MAU	MAU 硬件和软件版本号	CPU 心跳恢复后发送一次
27~30		保留				
31	命令	PD1C	PDU1	CPU	各个 PDU 的驱动控制命令	每秒一次
32	命令	PD2C	PDU2	CPU		
...	命令	CPU		
38	命令	PD8C	PDU8	CPU		
39~70	命令	保留				
71	命令	IO1C	IOU1	CPU	IOU 的驱动输出控制命令	按需要随机
72	命令	IO2C	IOU2	CPU		
...	命令	CPU		
98	命令	IO28C	IOU28	CPU		
99~110		保留				
111					保留	

编号	类型	功能	接收模块	发送模块	备注	发送频率
112						
...						
138						
139~150						
151					保留	
152						
...						
178						
179~190		保留				
191	命令	DR1C	IOU1/DET1	CPU	DET/IOU 板的软件 复位使能命令	按需要 随机
192	命令	DR2C	IOU2/DET2	CPU		
...	命令	CPU		
218	命令	DR28C	IOU28/DET28	CPU		
219~300		保留				
301	状态	MFUS	CPU	SSU	MFU 的功能状态	按需要 随机
302	状态	ACFS	CPU	SSU	SSU 检测的交流掉电状态	按需要 随机
303	状态	DCFS	CPU	SSU	SSU 检测的直流掉电状态	按需要 随机
304	状态	SAMS	CPU	SSU	SSU 检测到的四个环境变量状态	每秒一次
305	状态	PAOS	CPU	SSU	SSU 检测的负载回路中空开后端供电状态	按需要 随机
306	状态	PROS	CPU	SSU	SSU 检测的负载回路中继器后端供电状态	按需要 随机
307	状态	PRIS	CPU	SSU	SSU 检测的负载回路中继器前供电状态	按需要 随机
308	状态	SSVS	CPU	SSU	SSU 硬件和软件版本号	CPU 心跳恢复后发送一次
309	状态	DIPS	CPU	SSU	SSU 检测的交流供	按需要

编号	类型	功能	接收模块	发送模块	备注	发送频率
					电短掉电	随机
310~320		保留				
321	命令	WARC	MAU	CPU	信号机警告故障指示状态	按需要随机
322	命令	FATC	MAU	CPU	信号机严重故障指示状态	按需要随机
323	命令	LMSC	MAU	CPU	信号机外灯输出指示状态	按需要随机
324	命令	CSOC	MAU	CPU	信号机控制源指示状态	按需要随机
325	命令	FLSC	MAU	CPU	信号机闪灯指示状态	按需要随机
326	命令	REMC	MAU	CPU	信号机遥控指示状态	按需要随机
327	命令	KNMC	MAU	CPU	数字键指示状态	按需要随机
328	命令	KSPC	MAU	CPU	步进键指示状态	按需要随机
329	命令	KARC	MAU	CPU	全红指示状态	按需要随机
330	命令	KLAC	MAU	CPU	A 键指示状态	按需要随机
331	命令	KLBC	MAU	CPU	B 键指示状态	按需要随机
332	命令	KLCC	MAU	CPU	C 键指示状态	按需要随机
333	命令	KLDC	MAU	CPU	D 键指示状态	按需要随机
334	命令	KLEC	MAU	CPU	E 键指示状态	按需要随机
335	命令	KTSC	MAU	CPU	键灯测试指示状态	按需要随机
336~340		保留				
341	状态	MAUS	CPU	MAU	MAU 密码接入状态	按需要随机

编号	类型	功能	接收模块	发送模块	备注	发送频率
342~360		保留				
361	状态	PD1S	CPU	PDU1	PDU 检测到的 4 个通道的各信号灯的实时监测状态	每 200ms 一次
362	状态	PD2S	CPU	PDU2		
...	状态	...	CPU	...		
368	状态	PD8S	CPU	PDU8		
369	状态	PDVS	CPU	PDU1	PDU 硬件和软件版本号	CPU 心跳恢复后发送一次
370~380		保留				
381	状态	DT1S	CPU	DET1	DET 板的 8 个检测通道 100 毫秒内采集到的检测状态及通道故障状态	每 100ms 一次
382	状态	DT2S	CPU	DET2		
...	状态	...	CPU	...		
408	状态	DT28S	CPU	DET28		
409	状态	DTV S	CPU	DET1	DET 硬件和软件版本号	CPU 心跳恢复后发送一次
410~500		保留				
501	状态	IO1S	CPU	IOU1	IOU 板的 8 个检测通道 100 毫秒内采集到的检测状态	每 100ms 一次
502	状态	IO2S	CPU	IOU2		
...	状态	...	CPU	...		
528	状态	IO28S	CPU	IOU28		
529	状态	IOVS	CPU	IOU1	IOU 硬件和软件版本号	CPU 心跳恢复后发送一次
600	命令	FWUC	CPU	All	在线升级启动命令	
其他		保留				

2.4.2.2. 应用信息

2.4.2.2.1 LMPC

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

SSU 的外灯继电器切换命令。该字节为 0xAA 时，外灯继电器应置为外灯给电位置；该字节为 0x55 时，外灯继电器应置为外灯断电位置。

2.4.2.2.2 DIMC

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

SSU 的暗灯继电器切换命令。该字节为 0xAA 时，暗灯继电器应置为暗灯变压器接入位置；该字节为 0x55 时，暗灯继电器应置为正常变压器接入位置。

2.4.2.2.3 MFUC

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

SSU 的 MFU 继电器切换命令。该字节为 0xAA 时，MFU 切换继电器应置为 MFU 接入位置；该字节为 0x55 时，MFU 切换继电器应置为非 MAU 接入位置。

2.4.2.2.4 PASC

信息 1	0	0	0	X	M3	M2	M1	M0
------	---	---	---	---	----	----	----	----

MAU 介入密码及使能命令。

X 表示介入密码使能控制，1 表示使能 MAU 介入密码，0 表示除能 MAU 介入密码。

M3/M2/M1/M0 表示四位介入密码，用户在对 MAU 操作控制前应先输入此四位 0/1 密码方可后续操作。

2.4.2.2.5 MLMS

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

MAU 控制信号机开关灯命令。该字节为 0xAA 时，表示 MAU 控制信号灯打开；该字节为 0x55 时，表示 MAU 控制信号灯关闭。

2.4.2.2.6 MMAS

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

MAU 手控/自动切换命令。该字节为 0xAA 时，表示 MAU 手控功能使能；该字节为 0x55 时，表示 MAU 自动功能使能。

2.4.2.2.7 MFSS

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

MAU 闪灯控制命令。该字节为 0xAA 时，表示 MAU 闪灯功能使能；该字节为 0x55 时，表示 MAU 闪灯功能关闭。

2.4.2.2.8 MRTS

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

MAU 遥控功能使能命令。该字节为 0xAA 时，表示遥控功能使能；该字节为 0x55 时，表示遥控功能关闭。

2.4.2.2.9 MKYS

信息 1	0	0	0	0	M3	M2	M1	M0
------	---	---	---	---	----	----	----	----

MAU 按键控制命令。M3/M2/M1/M0 表示的含义如下表：

M3	M2	M1	M0	按键号	含义
0	0	0	0	0	步进
0	0	0	1	1	数字 1
0	0	1	0	2	数字 2
0	0	1	1	3	数字 3
0	1	0	0	4	数字 4
0	1	0	1	5	数字 5
0	1	1	0	6	数字 6
0	1	1	1	7	数字 7
1	0	0	0	8	数字 8
1	0	0	1	9	全红
1	0	1	0	10	可编程按键 A
1	0	1	1	11	可编程按键 B
1	1	0	0	12	可编程按键 C
1	1	0	1	13	可编程按键 D
1	1	1	0	14	可编程按键 E
1	1	1	1	15	键灯测试

2.4.2.2.10 MAVS

信息 1	1~255
信息 2	1~255

MAU 版本号。

信息 1 为模块印制板版本号，范围从 1~255，表示印制板的版本信息“v0.1~v25.5”；
信息 2 为模块软件（固件）版本号，范围从 1~255，表示软件的版本信息“v0.1~v25.5”。

2.4.2.2.11 PDnC

n 的取值范围：1~8。

信息 1	0	0	Y	X	M3	M2	M1	M0
信息 2	0	0	Y	X	M3	M2	M1	M0
信息 3	0	0	Y	X	M3	M2	M1	M0
信息 4	0	0	Y	X	M3	M2	M1	M0

分别表示每块 PDU 板上的 1~4 驱动通道的控制命令。

M3/M2/M1/M0 表示灯色控制，具体含义如下表：

M3/M2/M1/M0	0000	灭灯	M3/M2/M1/M0	1000	红黄闪
	0001	红灯		1001	红灯+脉冲
	0010	黄灯		1010	绿灯+脉冲
	0011	绿灯		1011	保留
	0100	红闪		1100	保留
	0101	黄闪		1101	保留
	0110	绿闪		1110	保留
	0111	红黄灯		1111	保留

X 表示亮灭模式控制，0 表示先亮灯后灭灯，1 表示先灭灯后亮灯。

Y 表示闪烁频率控制，0 表示闪烁 1 次，1 表示闪烁 2 次，两种频率的占空比全为 1:1。

2.4.2.2.12 IOnC

n 的取值范围：1~28。

信息 1	M7	M6	M5	M4	M3	M2	M1	M0
------	----	----	----	----	----	----	----	----

表示第 n 块 IOU 板上的 1~8 (M0~M7) 通道的驱动输出控制命令。M 位 1 时，表示驱动输出打开；M 位为 0 时，表示驱动输出关闭。若选择“存在”输出模式，则完全由 M 位控制打开或关闭；若选择“脉冲”输出模式，则输出 200 毫秒的固定时间的高电平脉冲。

2.4.2.2.13 DRnC

n 的取值范围：1~28。

信息 1	0xAA
------	------

表示第 n 块 DET/IOU 板的软件复位使能命令。

2.4.2.2.14 MFUS

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

MFU 的功能状态。该字节为 0xAA 时，表示 MFU 功能处于工作状态，该字节为 0x55 时，表示 MFU 功能处于关闭状态。

2.4.2.2.15 ACFS

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

SSU 检测的交流掉电状态。该字节为 0xAA 时，表示 SSU 检测到交流掉电，该字节为 0x55 时，表示 SSU 未检测到交流掉电。

2.4.2.2.16 DCFS

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

SSU 检测的直流掉电状态。该字节为 0xAA 时，表示 SSU 检测到直流掉电，该字节为 0x55 时，表示 SSU 未检测到直流掉电。

2.4.2.2.17 SAMS

信息 1	交流电压值
信息 2	直流电压值
信息 3	交流频率值
信息 4	温度值

SSU 检测到的四个环境变量状态，包括交流电压、直流电压、交流频率和温度。

交流电压值：表示检测的交流市电电压值，范围从（0~255V）+90，步长为 1V。

直流电压值：表示检测的直流电压值，范围从 70~150V/10，步长为 0.1V。

交流频率值：表示检测的交流市电频率值，范围从 0~70Hz，步长为 1Hz。

温度值：采用补码的形式表示检测的温度值，范围从-60~90℃，步长为 1℃。

2.4.2.2.18 PAOS

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

SSU 检测的信号灯回路空开后端供电状态。该字节为 0xAA 时，表示供电正常状态；该字节为 0x55 时，表示供电断开状态。

2.4.2.2.19 PROS

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

SSU 检测的信号灯回路继电器后端（空开前端）供电状态。该字节为 0xAA 时，表示供电正常状态；该字节为 0x55 时，表示供电断开状态。

2.4.2.2.20 PRIS

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

SSU 检测的信号灯回路继电器前端（总电源输出）供电状态。该字节为 0xAA 时，表示供电正常状态；该字节为 0x55 时，表示供电断开状态。

2.4.2.2.21 SSVS

信息 1	1~255
------	-------

信息 2	1~255
------	-------

SSU 版本号。

信息 1 为模块印制板版本号，范围从 1~255，表示印制板的版本信息“v0.1~v25.5”；
信息 2 为模块软件（固件）版本号，范围从 1~255，表示软件的版本信息“v0.1~v25.5”。

2.4.2.2.22 DIPS

信息 1	0xAA
------	------

SSU 检测的交流供电短掉电（200ms）。该字节为 0xAA 时，表示出现一次短掉电现象。

2.4.2.2.23 WARC

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

信号机警告故障状态。该字节为 0xAA 时，表示信号机存在警告故障；该字节为 0x55 时，
表示信号机不存在警告故障。

2.4.2.2.24 FATC

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

信号机严重故障状态。该字节为 0xAA 时，表示信号机存在严重故障；该字节为 0x55 时，
表示信号机不存在严重故障。

2.4.2.2.25 LMSC

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

信号机外灯通道输出开关状态。该字节为 0xAA 时，表示信号机通道输出为打开状态；
该字节为 0x55 时，表示信号机通道输出为关闭状态。

2.4.2.2.26 CSOC

信息 1	0	0	0	0	M3	M2	M1	M0
------	---	---	---	---	----	----	----	----

信号机控制源状态（Pattern，Flash，Free）。

M3/M2/M1/M0 表示的含义如下表：

M3	M2	M1	M0	含义
0	0	0	0	保留
0	0	0	1	其他 Other
0	0	1	0	中心控制 SystemControl
0	0	1	1	中心待命 SystemStandby
0	1	0	0	备份控制 BackupMode
0	1	0	1	手动控制 Manual
0	1	1	0	时基控制 Timebase
0	1	1	1	互联 Interconnect
1	0	0	0	互联备份 InterconnectBackup
其他组合				保留

2.4.2.2.27

FLSC

信息 1	0	0	0	0	M3	M2	M1	M0
------	---	---	---	---	----	----	----	----

信号机闪灯状态。

M3/M2/M1/M0 表示的含义如下表：

M3	M2	M1	M0	含义
0	0	0	0	保留
0	0	0	1	其他原因闪灯
0	0	1	0	非闪灯
0	0	1	1	自动闪灯
0	1	0	0	本地手控闪灯
0	1	0	1	故障监视闪灯
0	1	1	0	MFU 闪灯
0	1	1	1	启动闪灯
1	0	0	0	抢先闪灯
其他组合				保留

与 MAU 模块指示灯的对应关系为：

“自动闪灯”对应 MAU “自动闪” LED 指示灯；

“本地手控闪灯”对应 MAU “手控闪” LED 指示灯；

“MFU 闪灯”对应 MAU “故障闪” LED 指示灯；

“抢先闪灯”对应 MAU “抢先闪” LED 指示灯。

2.4.2.2.28 REMC

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

信号机遥控工作状态。该字节为 0xAA 时，表示信号机遥控工作为激活状态；该字节为 0x55 时，表示信号机遥控工作为关闭状态。

2.4.2.2.29 KNMC

信息 1	M7	M6	M5	M4	M3	M2	M1	M0
------	----	----	----	----	----	----	----	----

信号机 MAU 数字键指示状态。

M7～M0 分别表示数字键 8～1 指示状态。Mx 位为 1 时，表示对应键指示状态有效，Mx 位为 0 时，表示对应键指示状态无效。

2.4.2.2.30 KSPC

信号机 MAU 步进键指示状态。

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

该字节为 0xAA 时，表示对应键指示状态有效；该字节为 0x55 时，表示对应键指示状态无效。

2.4.2.2.31 KARC

信号机 MAU 全红键指示状态。

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

该字节为 0xAA 时，表示对应键指示状态有效；该字节为 0x55 时，表示对应键指示状态无效。

2.4.2.2.32 KLAC

信号机 MAU 键 A 指示状态。

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

该字节为 0xAA 时，表示对应键指示状态有效；该字节为 0x55 时，表示对应键指示状态无效。

2.4.2.2.33 KLBC

信号机 MAU 键 B 指示状态。

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

该字节为 0xAA 时，表示对应键指示状态有效；该字节为 0x55 时，表示对应键指示状态无效。

2.4.2.2.34 KLCC

信号机 MAU 键 C 指示状态。

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

该字节为 0xAA 时，表示对应键指示状态有效；该字节为 0x55 时，表示对应键指示状态无效。

2.4.2.2.35 KLDC

信号机 MAU 键 D 指示状态。

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

该字节为 0xAA 时，表示对应键指示状态有效；该字节为 0x55 时，表示对应键指示状态无效。

2.4.2.2.36 KLEC

信号机 MAU 键 E 指示状态。

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

该字节为 0xAA 时，表示对应键指示状态有效；该字节为 0x55 时，表示对应键指示状态无效。

2.4.2.2.37 **KTSC**

信号机 MAU 键灯测试指示状态。

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

该字节为 0xAA 时，表示对应键指示状态有效；该字节为 0x55 时，表示对应键指示状态无效。

2.4.2.2.38 **MAUS**

信息 1	0xAA/0x55
------	-----------

MAU 加密状态。该字节为 0xAA 时，表示 MAU 为加密状态；该字节为 0x55 时，表示 MAU 为非加密状态。

2.4.2.2.39 **PDnS**

n 的取值范围：1～8。

PDU 检测到的四个通道的各信号灯的实时监测电压状态、外灯通断状态、保险丝通断状态和各通道的电流平均值，PDU 固定每 200 毫秒发送一次，具体含义如下表：

字节	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit0
信息 1	1YB		1YA		1RB		1RA	
信息 2	2RB		2RA		1GB		1GA	
信息 3	2GB		2GA		2YB		2YA	
信息 4	3YB		3YA		3RB		3RA	
信息 5	4RB		4RA		3GB		3GA	
信息 6	4GB		4GA		4YB		4YA	
信息 7	CURRENT1							
信息 8	CURRENT2							
信息 9	CURRENT3							

信息 10	CURRENT4
信息 11	Status of Power Supply

nRA/nYA/nGA: 通道 n (1~4) 检测到的三种灯色 (红、黄、绿) 的外灯状态, 用两个 bit 位表示, 如下:

bit1 (bit5)	bit0 (bit4)	含义
0	0	外灯点亮 (闪烁), 应控状态为点亮 (闪烁)
0	1	外灯熄灭, 应控状态为熄灭
1	0	外灯点亮 (闪烁), 而应控状态为熄灭
1	1	外灯熄灭, 而应控状态为点亮 (闪烁)

nRB/nYB/nGB: 通道 n (1~4) 的三种灯色 (红、黄、绿) 出现非正常状态的来源, 用两个 bit 位表示, 如下:

bit3 (bit7)	bit2 (bit6)	含义
0	0	正常
0	1	外灯线断路
1	0	外灯线短路
1	1	板载保险丝熔断

供电状态: 指 PDU 上外灯供电光耦采集的状态, 200ms 上报一次

信息 11	0xAA/0x55
-------	-----------

0xAA 表示该 PDU 板外灯供电正常 (大于 90VAC), 0x55 表示该 PDU 板在本检测周期内未检测到外灯供电电压。

2.4.2.2.40 PDVS

信息 1	1~255
信息 2	1~255

PDU 版本号。

信息 1 为模块印制板版本号, 范围从 1~255, 表示印制板的版本信息 “v0.1~v25.5”; 信息 2 为模块软件 (固件) 版本号, 范围从 1~255, 表示软件的版本信息 “v0.1~v25.5”。

2.4.2.2.41 DTnS

n 的取值范围：1~28。

信息 1	0	0	E4	E3	E2	E1	Y	X
信息 2	0	0	E4	E3	E2	E1	Y	X
信息 3	0	0	E4	E3	E2	E1	Y	X
信息 4	0	0	E4	E3	E2	E1	Y	X
信息 5	0	0	E4	E3	E2	E1	Y	X
信息 6	0	0	E4	E3	E2	E1	Y	X
信息 7	0	0	E4	E3	E2	E1	Y	X
信息 8	0	0	E4	E3	E2	E1	Y	X

表示第 n 块 DET 板的 8 个检测通道 100 毫秒内采集到的检测状态及通道故障状态。

X 表示检测通道是否有检测到车，0 表示检测无车，1 表示检测有车。

Y 表示 DET 驱动通道是脉冲模式（PULSE）还是存在模式（PRESENT），1 表示脉冲模式，0 表示存在模式；脉冲模式下，对应通道从检测到车辆到达开始，固定连续送出 2 个检测存在状态（200 毫秒）。

E1 表示线圈是否存在断开故障，0 表示不存在，1 表示存在。

E2 表示线圈是否存在其他故障，0 表示不存在，1 表示存在。

E3 表示通道是否处于调谐中，0 表示非调谐中，1 表示调谐中。

E4 表示通道是否存在线圈电感量变化过大故障，0 表示不存在，1 表示存在。

2.4.2.2.42 DTVS

信息 1	1~255
信息 2	1~255

DET 版本号。

信息 1 为模块印制板版本号，范围从 1~255，表示印制板的版本信息“v0.1~v25.5”；
信息 2 为模块软件（固件）版本号，范围从 1~255，表示软件的版本信息“v0.1~v25.5”。

2.4.2.2.43 IOnS

n 的取值范围：1~28。

信息 1	0	0	0	0	0	0	Y	X
信息 2	0	0	0	0	0	0	Y	X
信息 3	0	0	0	0	0	0	Y	X
信息 4	0	0	0	0	0	0	Y	X
信息 5	0	0	0	0	0	0	Y	X
信息 6	0	0	0	0	0	0	Y	X
信息 7	0	0	0	0	0	0	Y	X
信息 8	0	0	0	0	0	0	Y	X

表示第 n 块 IOU 板的 8 个检测通道 100 毫秒内采集到的“检测”状态。

X 表示 IOU 是否检测到有车或行人请求等，1 表示检测到，0 表示未检测到。

Y 表示 IOU 驱动通道是脉冲模式（PULSE）还是存在模式（PRESENT），1 表示脉冲模式，0 表示存在模式。（脉冲模式下，对应通道从检测到车辆到达开始，固定连续送出 2 个检测存在状态（200 毫秒））。

2.4.2.2.44 IOVS

信息 1	1~255
信息 2	1~255

IOU 版本号。

信息 1 为模块印制板版本号，范围从 1~255，表示印制板的版本信息“v0.1~v25.5”；
信息 2 为模块软件（固件）版本号，范围从 1~255，表示软件的版本信息“v0.1~v25.5”。

2.4.2.2.45 FWUC

信息 1	0xAA
------	------

该字节为 0xAA 时，收到该命令的模块启动在线升级。

3. 固件传输

CAN0 和 CAN1 总线除传输一般的数据以外,还可以由 CPU 分别对各模块进行固件数据传输,从而可完成在线固件升级功能。

CAN0 和 CAN1 总线进行固件传输时,采用专用固件数据传输格式,采用 11 位识别符 ID 的标准帧,传输速率采用各自前述总线定义。

固件传输时,应注意多帧组成的长包数据最多不能大于 65535 字节。

固件传输时,使用不同的 ID 来区分硬件类型,非本模块类型的数据无法进入。

信息传递格式如下表所示(以所用芯片寄存器为准):

数据位	7	6	5	4	3	2	1	0
数据类型、长度	FF	RTR	(0)	(0)	DLC.3	DLC.2	DLC.1	DLC.0
信息标识符	ID.28	ID.27	ID.26	ID.25	ID.24	ID.23	ID.22	ID.21
	ID.20	ID.19	ID.18	(RTR)	(0)	(0)	(0)	(0)
DATA0~7	X	X	X	X	X	X	X	X

各位含义如下:

- FF: 0 表示为标准格式, 1 表示为扩展格式; 本协议采用标准格式, 固定为 0;
- RTR: 0 表示为数据帧, 1 表示为远程帧; 本协议固定采用数据帧, 为 0;
- DLC.X: 数据长度代码位 (0~8);
- ID.X: 节点标识符, 表示数据帧类型和节点地址, 具体见下文描述;
- DATA0~7: 数据字节;

3.1. 工作流程

L50T 信号机固件在线升级流程参考通用在线升级流程。

3.2. 固件升级

3.2.1. 节点地址

Bootloader 模块节点地址如下：

节点编号	模块类型	节点地址
1	SSU	000 0001
2	PDU	000 0002
3	MAU	000 0003
4	DET	000 0004
5	IOU	000 0005

3.2.2. 内部总线协议

固件升级时，CAN 总线协议采用与 APP 中不同的协议，目的为增加传输效率。

该协议中，以帧为传输单位，根据功能不同，分为命令帧，应答帧与数据帧。

命令帧与应答帧格式如下：

字节 1	帧头 1	本协议规定 0x7E
字节 2	帧头 2	本协议规定 0x7E
字节 3	操作码	见下
字节 4	参数 1	见下
字节 5	参数 2	见下
字节 6	参数 3	见下
字节 7	参数 4	见下

字节 8	参数 5	见下
------	------	----

3.2.2.1. 操作码

上表字节 3 描述如下

bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
帧类型		命令代码					

➤ 帧类型

bit7	bit6	帧类型
0	1	请求帧
1	0	应答帧
1	1	数据帧

➤ 命令代码

操作码	命令类型
固件版本查询	0x01
固件升级命令	0x02
数据包传输开始	0x03
数据包传输结束	0x04

3.2.2.2. 命令代码及参数解释

➤ 固件版本查询请求

操作码	0x41
参数 1	0xFF,固定填充
参数 2	0xFF,固定填充
参数 3	0xFF,固定填充
参数 4	0xFF,固定填充
参数 5	0xFF,固定填充

➤ 固件版本查询应答

操作码	0x81
参数 1	HW (1~255), 硬件版本号
参数 2	SW (1~255), 软件版本号
参数 3	0xFF,固定填充
参数 4	0xFF,固定填充
参数 5	0xFF,固定填充

➤ 固件升级命令

操作码	0x42
参数 1	SW (1~255)
参数 2	Pack No 1,数据包数,低 8 位
参数 3	Pack No 2,数据包数,高 8 位
参数 4	Length1,每包数据大小,低 8 位

参数 5	Length2,每包数据大小,高 8 位
------	----------------------

➤ 固件升级应答

操作码	0x82
参数 1	Pack Seq 1,请求数据包号,低 8 位
参数 2	Pack Seq 2,请求数据包号,高 8 位
参数 3	Err,故障码
参数 4	0xAA,固件升级完成 0x55,固件升级未完成
参数 5	0xFF,固定填充

故障码：0x01-操作码错误；0x02-CRC 校验错误。

➤ 固件数据传输包

固件数据传输包结构如下：

固件传输开始帧	数据帧	固件传输结束帧
1 帧（字节 1~8）	MAX256 帧（字节 1~ 2048）	1 帧（字节 1~8）

● 传输开始帧

字节 1	0x7E	帧头 1
字节 2	0xE7	帧头 2
字节 3	0xC3	操作码，固件传输开始帧
字节 4	Hardware	所传固件的硬件版本号
字节 5	Software	所传固件的软件版本号

字节 6	Length1	本包传输固件数据的字节数，低 8 位
字节 7	Length2	本包传输固件数据的字节数，高 8 位
字节 8	0xFF	填充字节

- 数据帧

数据帧内容为对应模块固件 BIN 文件的数据，顺序读取。

- 传输结束帧

字节 1	0x7E	帧头 1
字节 2	0xE7	帧头 2
字节 3	0xC4	操作码，固件传输结束帧
字节 4	CRC-32 1	本次数据帧的 CRC 校验 CRC-32 bit0~bit7
字节 5	CRC-32 2	CRC-32 bit8~bit15
字节 6	CRC-32 3	CRC-32 bit16~bit23
字节 7	CRC-32 4	CRC-32 bit24~bit31
字节 8	0xFF	填充字节

固件传输使用 CRC32 校验，使用 CRC-32(以太网)多项式： 0x4C11DB7