
CANopen 技术指导手册

目 录

1 CANOPEN 通讯	3
1.1 CANOPEN 协议概述.....	3
1.2 CANOPEN 通讯服务.....	3
1.3 CANOPEN 预定义连接集.....	4
1.4 对象字典(OD).....	5
1.4.1 对象字典概述.....	5
1.4.2 对象字典结构.....	5
1.4.3 对象类型.....	6
1.4.4 访问属性.....	6
1.4.5 通讯对象字典.....	6
1.5 网络管理(NMT).....	14
1.5.1 NMT 模块控制.....	14
1.5.2 NMT 节点保护.....	15
1.5.3 NMT Boot-up.....	16
1.5.4 NMT 通讯状态机.....	16
1.6 过程数据对象(PDO).....	17
1.7 服务数据对象(SDO).....	19
1.8 应急指示对象(EMERGENCY OBJECT).....	20
2 CANOPEN 设备控制	20
2.1 设备控制框图.....	20
2.1.1 操作模式.....	21
2.1.2 状态机.....	21
2.2 对象字典.....	22
2.2.1 对象类型.....	22
2.2.2 设备控制对象字典.....	22
3 驱动器 CANOPEN 操作模式	29
3.1 协议位置模式.....	29
3.1.1 电子齿轮.....	29
3.1.2 运动设置.....	29
3.1.3 查询设置.....	29
3.2 协议速度模式.....	30
3.2.1 运动设置.....	30
3.2.2 查询设置.....	30
3.3 原点模式.....	30
3.3.1 运动设置.....	30
3.3.2 查询设置.....	30
3.4 急停.....	30
3.4.1 运动设置.....	30
3.4.2 查询设置.....	30
附录 A	31
附录 B	32
附录 C	33
附录 D	33

1 CANopen 通讯

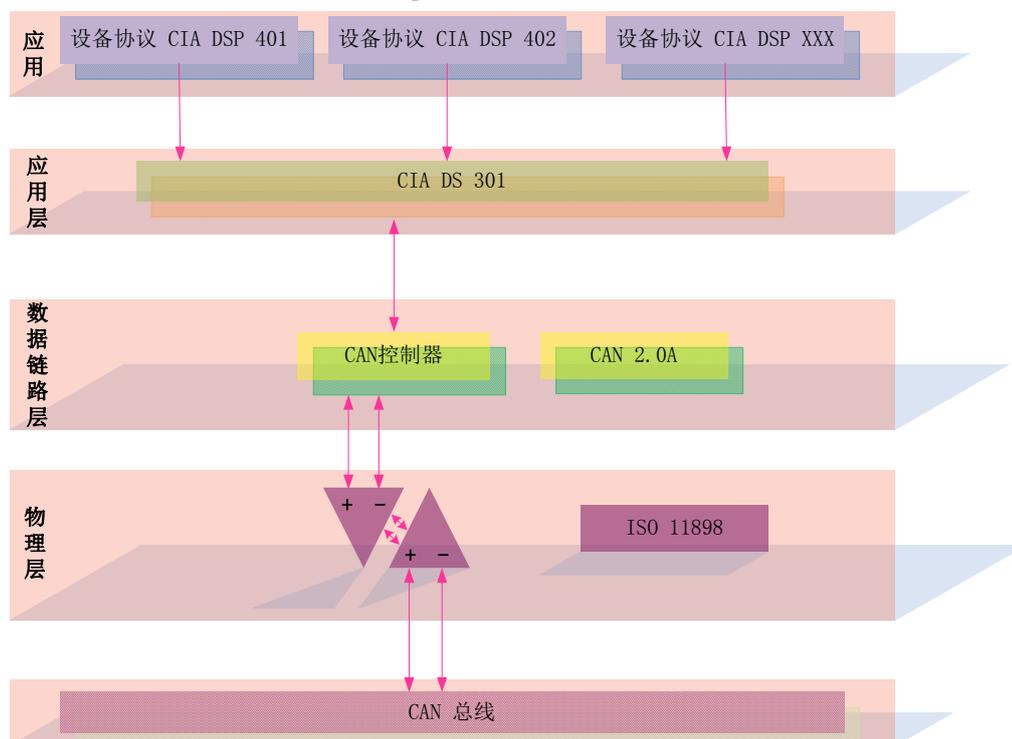
本章主要介绍 CANopen 协议及 CANopen 驱动器通讯功能。

1.1 CANopen 协议概述

CAN(Controller Area Network)现场总线仅仅定义了物理层、数据链路层，没有规定应用层；本身并不完整，需要一个高层协议来定义 CAN 报文中的各个数据位的具体作用。同时，随着 CAN 总线在工业自动化的应用越来越需广泛，就更加迫切的需要一个开放的、标准化的高层协议。

CANopen 是一种以 CAN 为基础的上层协议，是 CiA(CAN-in-Automation)定义的标准协议，在发布后不久就获得了广泛的承认。依靠 CANopen 协议的支持，可以将不同厂商遵循 CANopen 标准的设备通过 CAN 总线进行网络连接。

在 OSI 模型中，CAN 标准与 CANopen 协议之间的关系如下图所示：



CANopen 协议提供了一套标准的通讯对象：包含过程数据对象 PDO(Process Data Objects)、服务数据对象 SDO(Service Data Objects)和一些特定功能的时间戳(Time Stamp)，同步信息(Sync message)，紧急信息(Emergency message)；另外还制定了网络管理数据(network management data)，如开机信息(Boot-up message)、网络管理信息(NMT message)和错误控制信息(Error Control message)。

1.2 CANopen 通讯服务

驱动器遵循的 CANopen 规范：

- ◇ 遵循 CAN 2.0A 标准
- ◇ 符合 CANopen 标准协议 DS 301 V4.02
- ◇ 符合 CANopen 标准协议 DSP 402 V2.01

CANopen 驱动器支持的服务：

- ◇ 支持 NMT Slave 服务
- ◇ 设备监控：支持心跳报文、节点保护

- ◇ 支持 PDO 服务：每个从站最多可配置 3 个 TxPDO 和 3 个 RxPDO
- ◇ PDO 传输类型：支持事件触发，时间触发，同步周期，同步非周期
- ◇ 支持 SDO 服务
- ◇ 支持 Emergency Protocol

CANopen 驱动器不支持的服务：

- ◇ 时间戳

1.3 CANopen 预定义连接集

为了减小简单网络的组态工作量，CANopen 定义了强制性的缺省标识符(CAN-ID)分配表。这些标志符在预操作状态下可用，通过动态分配还可修改它们。CANopen 设备必须向它所支持的通讯对象的提供相应的标识符。

缺省 ID 分配表是基于 11 位 CAN-ID，包含一个 4 位的功能码部分和一个 7 位的节点 ID(Node-ID)部分，如下图所示：

功能码				节点 ID						
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0

Node-ID 范围是 1~127(0 不允许被使用)。

预定义的连接集定义了 4 个接收 PDO(RXPDO)，4 个发送 PDO(TXPDO)，1 个 SDO(占用 2 个 CAN-ID)，1 个紧急对象和 1 个节点错误控制(Node Error Control)ID。也支持不需确认的 NMT 模块控制(NMT Module Control)服务，同步(SYNC)和时间戳(Time Stamp)对象的广播，定义如下表所示。

CANopen 预定义主/从连接集的广播对象			
对象	功能码	COB-ID	对象字典索引
NMT 模块控制	0000	0x000	—
同步	0001	0x080	1005H,1006H,1007H
时间戳	0010	0x100	1012H,1013H
CANopen 主/从连接集的对等对象			
对象	功能码	COB-ID	对象字典索引
紧急	0001	0x081~0x0FF	1024H,1015H
TXPDO1(发送)	0011	0x181~0x1FF	1800H
RXPDO1(接收)	0100	0x201~0x27F	1400H
TXPDO2(发送)	0101	0x281~0x2FF	1801H
RXPDO2(接收)	0110	0x301~0x37F	1401H
TXPDO3(发送)	0111	0x381~0x3FF	1802H
RXPDO3(接收)	1000	0x401~0x47F	1402H
TXPDO4(发送)	1001	0x481~0x4FF	1803H
RXPDO4(接收)	1010	0x501~0x57F	1403H
SDO(服务器发送)	1011	0x581~0x5FF	1200H
SDO(客户发送)	1100	0x601~0x67F	1200H
NMT 错误控制	1110	0x701~0x77F	1016H~1017H

注意：

- ⊙ PDO/SDO 发送/接收是相对于从(slave)CAN 节点而言的。
- ⊙ NMT 错误控制包括节点保护(Node Guarding), 心跳报文(Heartbeat)和 Boot-up 协议。

ID 地址分配表与预定义的主从连接集相对应, 因为所有的对等 ID 是不同的, 所以实际上只有一个主设备(知道所有连接的节点 ID)能和连接的每个从节点(最多 127 个)以对等方式通讯。两个连接在一起的从节点不能够通讯。

1.4 对象字典(OD)

1.4.1 对象字典概述

对象字典(Object Dictionary)是一个有序的对象组; 每个对象采用一个 16 位的索引值来寻址, 为了允许访问数据结构中的单个元素, 同时定义了一个 8 位的子索引, 对象字典的结构如下表:

索引	对象
0000H	未使用
0001H——001FH	标准数据类型, 如布尔型(Bool),有符号十六位(Integer16)等
0020H——003FH	复杂数据类型, 如 PDO 通讯参数(PDOCommPar)等
0040H——005FH	制造商规定的负责数据类型
0060H——007FH	设备子协议规定的标准数据类型
0080H——009FH	设备子协议规定的复杂数据类型
00A0H——0FFFH	保留区域
1000H——1FFFH	通讯子协议区域, 如设备类型, PDO 数量等
2000H——5FFFH	制造商特定子协议区域
6000H——9FFFH	标准的设备子协议区域, 如 DSP 402 的对象字典区域等
A000H——FFFFH	保留区域

CANopen 网络中每个节点都有对象字典——包含了描述这个设备和它的网络行为的所有参数。

节点的对象字典是在电子数据文档(EDS: Electronic Data Sheet)中描述的。如果节点严格按照 EDS 描述其行为, 也是可以的。其实, 节点只需要能够提供对象字典中必需的对象(在 CANopen 规定中必需的项实际上是很少的), 以及其它可选择的、构成节点部分可配置功能的对象。

CANopen 包含了较多的子协议; 其中, 通讯子协议(communication profile), 描述对象字典的主要形式和对象字典中的通讯子协议区域中的对象、通讯参数; 同时描述了 CANopen 通讯对象; 这个子协议适用于所有的 CANopen 设备。另外, 还有各种设备子协议(device profile), 为各种不同类型设备定义对象字典中的对象。设备子协议为对象字典中的每个对象描述了它的功能、名字、索引和子索引、数据类型, 以及这个对象是必需的还是可选的, 这个对象是只读、只写或者可读写等等。设备子协议定义了对象字典中哪些对象是必需的, 哪些是可选的; 如果需要的项超过了设备子协议中可以提供的, 在设备子协议中已预留足够空间提供给厂商的特定功能使用。对象字典中描述通讯参数部分对所有 CANopen 设备(例如在对象字典中的对象是相同的, 对象值不必一定相同)都是一样的。对象字典中设备相关部分对于不同类的设备是不同的。

1.4.2 对象字典结构

DS 301 中规定了对象字典的基本结构, 如下表:

索引	对象	名称	类型	属性	必选/可选
----	----	----	----	----	-------

1.4.3 对象类型

上表中“对象”栏对应的 CANopen 对象代码如下表所示：。

对象名称	对象代码	说明
NULL	0	无数据
DOMAIN	2	大量的数据，如可执行代码段
VAR	7	变量，如布尔，无符号 8 位类型
ARRAY	8	数组，大量同类型的数据
RECORD	9	记录，可以为大量不同类型的数据

1.4.4 访问属性

属性	说明
RW	可读写
WO	只写
RO	只读
CONST	常数，只读

1.4.5 通讯对象字典

CANopen 通讯类对象字典列表如下：

索引	对象类型	名称	数据类型	访问属性
1000H	VAR	设备类型	无符号 32 位	RO
1001H	VAR	错误寄存器	无符号 8 位	RO
1003H	ARRAY	预定义错误区	无符号 32 位	RO
1005H	VAR	PDO 同步 ID	无符号 32 位	RW
1006H	VAR	通讯循环周期	无符号 32 位	RW
1007H	VAR	PDO 时间窗口	无符号 32 位	RW
1008H	DOMAIN	设备名称	字符串	CONST
1009H	VAR	硬件版本	字符串	CONST
100AH	VAR	软件版本	字符串	CONST
1014H	VAR	紧急事件消息	无符号 32 位	RW
1017H	VAR	生产者心跳时间	无符号 16 位	RW
1018H	RECORD	标识对象	无符号 32 位	RO
1200H	RECORD	服务器 SDO 参数	SDO 参数	RO
1400H	RECORD	接收 PDO 参数	PDO 参数	RW
1402H	RECORD	接收 PDO 参数	PDO 参数	RW
1403H	RECORD	接收 PDO 参数	PDO 参数	RW
1404H	RECORD	接收 PDO 参数	PDO 参数	RW
1405H	RECORD	接收 PDO 参数	PDO 参数	RW
1600H	RECORD	接收 PDO 映射	PDO 映射	RW
1602H	RECORD	接收 PDO 映射	PDO 映射	RW
1603H	RECORD	接收 PDO 映射	PDO 映射	RW
1604H	RECORD	接收 PDO 映射	PDO 映射	RW
1605H	RECORD	接收 PDO 映射	PDO 映射	RW

1800H	RECORD	发送 PDO 参数	PDO 参数	RW
1802H	RECORD	发送 PDO 参数	PDO 参数	RW
1803H	RECORD	发送 PDO 参数	PDO 参数	RW
1804H	RECORD	发送 PDO 参数	PDO 参数	RW
1805H	RECORD	发送 PDO 参数	PDO 参数	RW
1A00H	RECORD	发送 PDO 映射	PDO 映射	RW
1A02H	RECORD	发送 PDO 映射	PDO 映射	RW
1A03H	RECORD	发送 PDO 映射	PDO 映射	RW
1A04H	RECORD	发送 PDO 映射	PDO 映射	RW
1A05H	RECORD	发送 PDO 映射	PDO 映射	RW

DS 301 通讯对象字典详情

1000H: 设备类型

索引	1000H
名称	设备类型
对象类型	VAR
数据类型	无符号 32 位
访问属性	RO
PDO 映射	不可映射
值范围	0~2 ³² -1
默认值	0x20192

1001H: 错误寄存器

索引	1001H
名称	错误寄存器
对象类型	VAR
数据类型	无符号 8 位
访问属性	RO
PDO 映射	可映射
值范围	0~2 ⁸ -1
默认值	0x0

1003H: 设备类型

索引	1003H
名称	预定义错误区
对象类型	ARRAY
数据类型	无符号 32 位

子索引

子索引	0x0
描述	错误数量
访问属性	RW
PDO 映射	不可映射

子索引

值范围	0~2 ⁸ -1
默认值	0x4

子索引	0x1~0x4
描述	标准错误区
访问属性	RO
PDO 映射	不可映射
值范围	0~2 ³² -1
默认值	0x0

1005H: 设备类型

索引	1005H
名称	PDO 同步 ID
对象类型	VAR
数据类型	无符号 32 位
访问属性	RW
PDO 映射	不可映射
值范围	0~2 ³² -1
默认值	0x80

1006H: 通讯循环周期

索引	1006H
名称	通讯循环周期
对象类型	VAR
数据类型	无符号 32 位
访问属性	RW
PDO 映射	不可映射
值范围	0~2 ³² -1
默认值	0x0

1007H: PDO 时间窗口

索引	1007H
名称	PDO 时间窗口
对象类型	VAR
数据类型	无符号 32 位
访问属性	RW
PDO 映射	不可映射
值范围	0~2 ³² -1
默认值	0x0

1008H: 设备名称

索引	1008H
名称	设备名称

对象类型	VAR
数据类型	字符串
访问属性	CONST
PDO 映射	不可映射
值范围	未知
默认值	DS402 Drive-LeadShine

1009H: 硬件版本

索引	1009H
名称	硬件版本
对象类型	VAR
数据类型	字符串
访问属性	CONST
PDO 映射	不可映射
值范围	未知
默认值	V1.04

100AH: 软件版本

索引	100AH
名称	软件版本
对象类型	VAR
数据类型	字符串
访问属性	CONST
PDO 映射	不可映射
值范围	未知
默认值	V1.00

1014H: 紧急事件消息

索引	1014H
名称	紧急事件消息
对象类型	VAR
数据类型	无符号 32 位
访问属性	RW
PDO 映射	不可映射
值范围	$0 \sim 2^{32} - 1$
默认值	0x80000000

1017H: 生产者心跳时间

索引	1017H
名称	生产者心跳时间
对象类型	VAR
数据类型	无符号 16 位
访问属性	RW

PDO 映射	不可映射
值范围	0~2 ¹⁶ -1
默认值	0x0

1018H: 标识对象

索引	1018H
名称	标识对象
对象类型	RECORD
数据类型	无符号 32 位

子索引

子索引	0x0
描述	子索引数量
访问属性	RO
PDO 映射	不可映射
值范围	1~4
默认值	0x4

子索引

子索引	0x1
描述	厂商 ID
访问属性	R0
PDO 映射	不可映射
值范围	0~2 ³² -1
默认值	0x00000331

子索引

子索引	0x2
描述	产品代码
访问属性	RO
PDO 映射	不可映射
值范围	0~2 ³² -1
默认值	0x0

子索引

子索引	0x3
描述	版本号
访问属性	RO
PDO 映射	不可映射
值范围	0~2 ³² -1
默认值	0x100

子索引

子索引	0x4
描述	序列号
访问属性	RO
PDO 映射	不可映射
值范围	0~2 ³² -1

默认值	0x1
-----	-----

1200H: 服务器 SDO 参数

索引	1200H
名称	服务器 SDO 参数
对象类型	RECORD
数据类型	SDO 参数

子索引

子索引	0x0
描述	子索引数量
访问属性	RO
PDO 映射	不可映射
值范围	0x2
默认值	0x2

子索引

子索引	0x1
描述	COB-ID(客户到服务器)
访问属性	RO
PDO 映射	不可映射
值范围	$0 \sim 2^{32} - 1$
默认值	$0x600 + \text{Node-ID}$

子索引

子索引	0x2
描述	COB-ID(服务器到客户)
访问属性	RO
PDO 映射	不可映射
值范围	$1 \sim 2^7 - 1$
默认值	$0x580 + \text{Node-ID}$

1400H~1405H: 接收 PDO 参数

索引	1400H~1405H
名称	接收 PDO 参数
对象类型	RECORD
数据类型	PDO 参数

子索引

子索引	0x0
描述	子索引数量
访问属性	RO
PDO 映射	不可映射
值范围	0x2~0x5
默认值	0x5

子索引

子索引	0x1
-----	-----

描述	PDO COB-ID
访问属性	RW
PDO 映射	不可映射
值范围	0~2 ³² -1
默认值	0x1400: 0x40000200+ Node-ID 0x1402: 0x40000400+ Node-ID 0x1403: 0x40000500+ Node-ID 0x1404: 0xC0000000 0x1405: 0xC0000000

子索引

子索引	0x2
描述	传输类型
访问属性	RW
PDO 映射	不可映射
值范围	0~2 ⁸ -1
默认值	255(异步方式, 详情见附录 B)

子索引

子索引	0x3
描述	禁止时间
访问属性	RW
PDO 映射	不可映射
值范围	0~2 ¹⁶ -1
默认值	0

子索引

子索引	0x4
描述	事件定时器
访问属性	RW
PDO 映射	不可映射
值范围	0~2 ¹⁶ -1
默认值	0

1600H~1605H: 接收 PDO 映射

索引	1400H~1405H
名称	接收 PDO 映射
对象类型	RECORD
数据类型	PDO 映射

子索引

子索引	0x0
描述	映射对象数量
访问属性	RW
PDO 映射	不可映射
值范围	1~64
默认值	0x1

子索引

子索引	0x1~0x8
描述	PDO 映射的对象
访问属性	RW
PDO 映射	不可映射
值范围	0~2 ³² -1
默认值	0x0

1800H~1805H: 发送 PDO 参数

索引	1800H~1805H
名称	发送 PDO 参数
对象类型	RECORD
数据类型	PDO 参数

子索引

子索引	0x0
描述	子索引数量
访问属性	RO
PDO 映射	不可映射
值范围	0x2~0x5
默认值	0x5

子索引

子索引	0x1
描述	PDO COB-ID
访问属性	RW
PDO 映射	不可映射
值范围	0~2 ³² -1
默认值	0x1800: 0x00000180+ Node-ID 0x1802: 0x00000380+ Node-ID 0x1803: 0x00000480+ Node-ID 0x1804: 0x80000000 0x1805: 0x80000000

子索引

子索引	0x2
描述	传输类型
访问属性	RW
PDO 映射	不可映射
值范围	0~2 ⁸ -1
默认值	0x1800:255(异步方式, 详情见附录 B) 0x1802~0x1805: 1

子索引

子索引	0x3
描述	禁止时间

访问属性	RW
PDO 映射	不可映射
值范围	0~2 ¹⁶ -1
默认值	0

子索引

子索引	0x4
描述	事件定时器
访问属性	RW
PDO 映射	不可映射
值范围	0~2 ¹⁶ -1
默认值	0

1A00H~1A05H: 发送 PDO 映射

索引	1A00H~1A05H
名称	发送 PDO 映射
对象类型	RECORD
数据类型	PDO 映射

子索引

子索引	0x0
描述	映射对象数量
访问属性	RW
PDO 映射	不可映射
值范围	1~64
默认值	0x1

子索引

子索引	0x1~0x8
描述	PDO 映射的对象
访问属性	RW
PDO 映射	不可映射
值范围	0~2 ³² -1
默认值	0x0

1.5 网络管理(NMT)

NMT 提供网络管理服务。这种服务是采用主从通讯模式(所以只有一个 NMT 主节点)来实现的。

1.5.1 NMT 模块控制

只有 NMT 主节点能够传送 NMT 模块控制报文，所有从节点必须支持 NMT 模块控制服务，NMT 模块控制不需要应答。其消息格式如下：

NMT 主节点 \longleftrightarrow NMT 从节点

COB-ID	Byte 0	Byte 1
--------	--------	--------

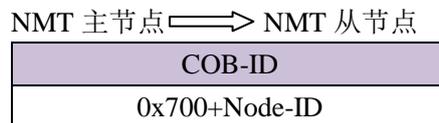
0x000	命令字	Node-ID
-------	-----	---------

当 Node-ID=0，则所有的 NMT 从节点都被寻址。命令字的取值与服务的对应关系如下表：

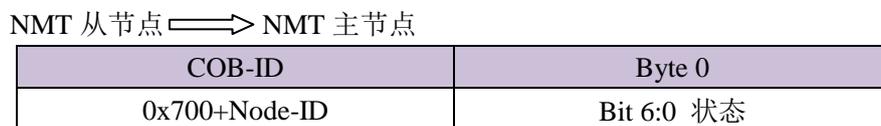
命令字	NMT 服务
1(01H)	启动远程节点
2(02H)	停止远程节点
128(80H)	进入预操作状态
129(81H)	节点复位
130(82H)	通讯复位

1.5.2 NMT 节点保护

通过此项服务，NMT 主节点可以检查每个节点的当前状态，主节点发送远程帧格式如下：



NMT 从节点应答报文格式如下：



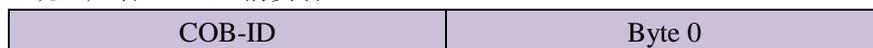
数据部分包括一个触发位(bit7)，触发位必须在每次节点保护应答中交替置“0”或者“1”。触发位在第一次节点保护请求时置为“0”。位 0 到 6(bits0~6)表示节点状态，其取值与状态的对应关系如下表所示：

数值	状态
0(00H)	初始化
1(01H)	未连接
2(02H)	连接
3(03H)	预备
4(04H)	停止
5(05H)	操作
127(7FH)	预操作

注意：状态 0 不在节点保护应答中出现。

一个节点可被配置为产生周期性的被称作心跳报文(Heartbeat)的报文。

心跳生产者 \rightleftarrows 消费者



0x700+Node-ID	状态
---------------	----

其取值对应的意义如下表所示:

状态值	意义
0	Boot-up
4	停止
5	操作
127	预操作

1.5.3 NMT Boot-up

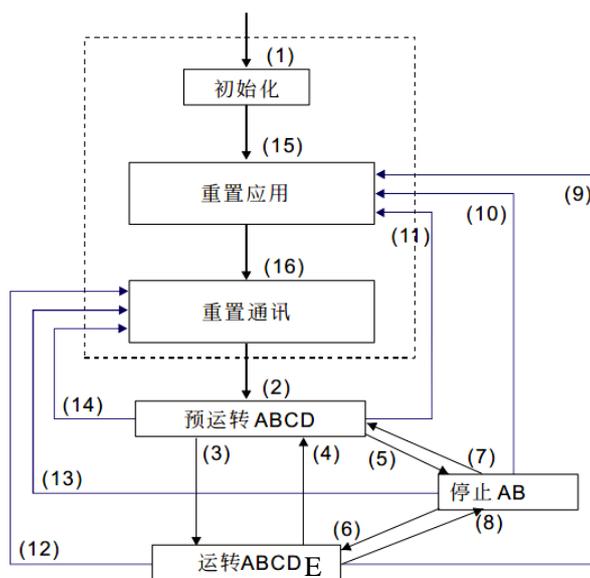
NMT 从节点发布 Boot-up 报文通知 NMT 主节点它已经从初始化状态进入预操作状态。

NMT 从节点 \rightleftarrows NMT 主节点

COB-ID	Byte 0
0x700+Node-ID	0

1.5.4 NMT 通讯状态机

CANopen 的通讯状态机如下图所示:



- (1) 电源开启后, 自动进入初始化状态
- (2) 自动进入预运转(预操作)状态
- (3) (6) 启动远程节点
- (4) (7) 进入预运转(预操作)状态
- (5) (8) 停止远程节点
- (9) (10) (11) 重置节点
- (12) (13) (14) 重置通讯
- (15) 自动进入重置应用状态
- (16) 自动进入重置通讯状态

- A: NMT
- B: Node Guard
- C: SDO
- D: Emergency
- E: PDO
- F: Boot-up

设备初始化(图中初始化、重置应用及重置通讯的统称)完成后进入预操作状态。在这一状态的设备可通过 SDO(例如使用配置工具)设置参数和分配 ID。然后, 节点直接进入操作

状态。

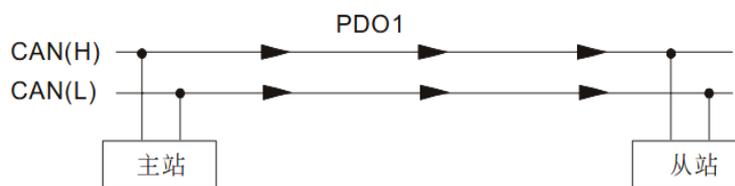
1.6 过程数据对象(PDO)

PDO 采用生产者/消费者模式，PDO 数据传送可以是一对一或是一对多的方式进行。每一个 PDO 信息包含了发送 PDO(TxPDO)和接收 PDO(RxPDO)信息，其传送方式定义在 PDO 通讯参数索引(第一组接收 PDO 信息设在索引 1400H、第一组发送 PDO 信息设在索引 1800H)。

所有的 PDO 传送数据必须透过对象字典映像到对应的索引区上。以 DSP 402 中定义的 1600H 及 1A00H 对象为例：

注：图中对象字典的取值只是举例需要，并不具有实际意义。

主站发送信息到从站 PDO



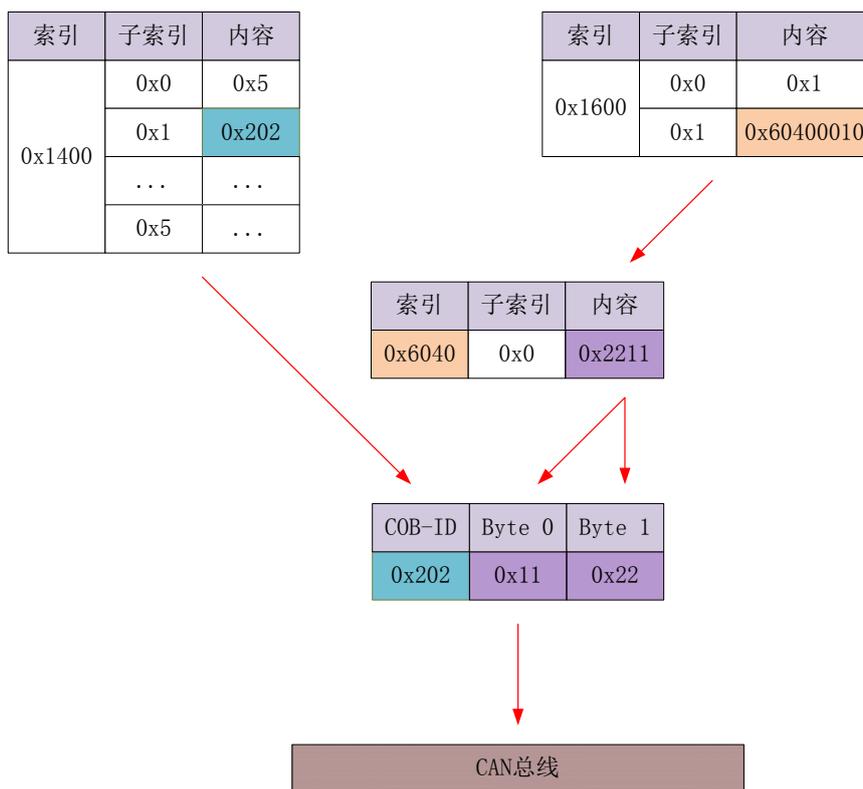
PDO1 data value Data 0, Data 1, Data 2, Data 3, Data 4, Data 5, Data 6, Data 7.

0x11, 0x22,

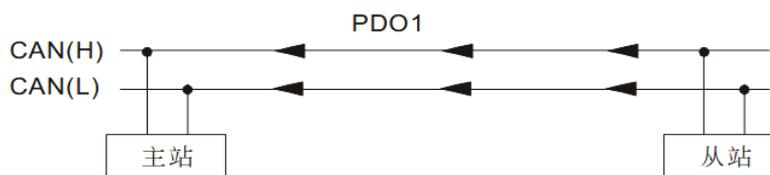
Index	Sub	Definition	Value	R/W	Size
0x1600	0	0. Number	1	R/W	U8
0x1600	1	1. Mapped Object	0x60400010	R/W	U32
0x1600	2	2. Mapped Object	0	R/W	U32
0x1600	3	3. Mapped Object	0	R/W	U32
0x1600	4	4. Mapped Object	0	R/W	U32
0x6040	0	0. Control word	0x2211	R/W	U16 (2 Byte)

Arrows in the diagram point from the 'Value' column to the 'PDO1 data value' text and from the 'Value' column to the '0x60400010' value in the '0x6040 0' row.

下图较详尽的表述了 PDO 参数(1400H)与 PDO 映射(1600H)之间的关系及 PDO 数据的传输过程(以节点 2 为例)，图示箭头的方向表示主站数据处理方向。



主站接收信息从站返回的信息

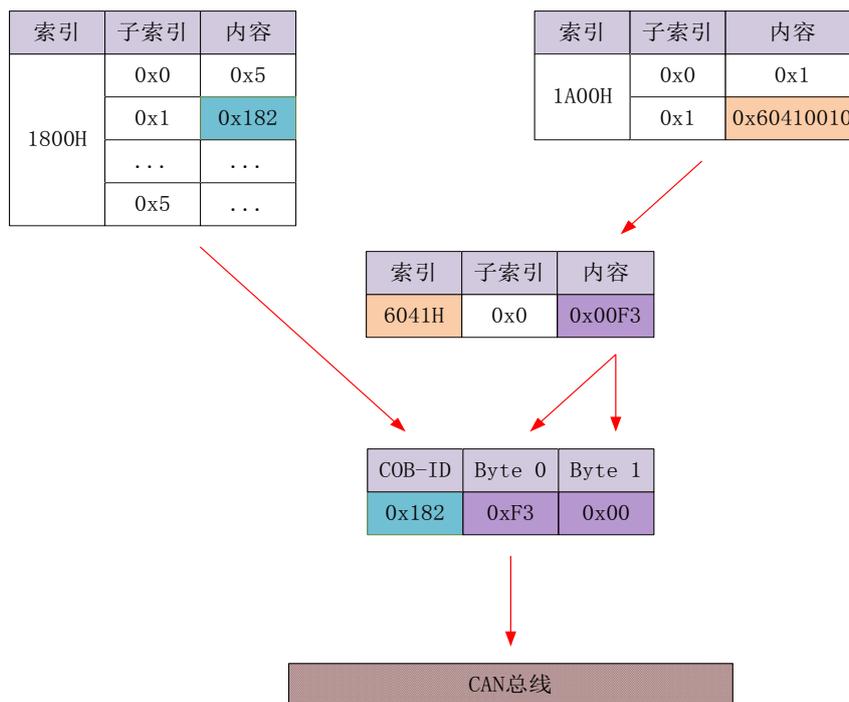


PDO1 data value Data 0, Data 1, Data 2, Data 3, Data 4, Data 5, Data 6, Data 7, 0xF3, 0x00,

Index	Sub	Definition	Value	R/W	Size
0x1A00	0	0. Number	1	R/W	U8
0x1A00	1	1. Mapped Object	0x60410010	R/W	U32
0x1A00	2	2. Mapped Object	0	R/W	U32
0x1A00	3	3. Mapped Object	0	R/W	U32
0x1A00	4	4. Mapped Object	0	R/W	U32
0x6041	0	Statusword	0xF3	R/W	U16

PDO1 Map

下图较详尽的表述了 PDO 参数(1800H)与 PDO 映射(1A00H)之间的关系及 PDO 数据的传输过程(以节点 2 为例)，图示箭头的方向表示从站数据处理方向。



1.7 服务数据对象(SDO)

SDO 用来访问一个设备的对象字典。访问者被称作客户(client)，对象字典被访问且提供所请求服务的 CANopen 设备别称作服务器(server)。客户的 CAN 报文和服务器的应答 CAN 报文总是包含 8 字节数据(尽管不是所有的数据字节都一定有意义)。一个客户的请求一定有来自服务器的应答。

其基本结构如下：

客户 \rightleftarrows 服务器/服务器 \rightleftarrows 客户

Byte 0	Byte 1:2	Byte 3	Byte 4:7
SDO 命令字	对象索引	对象子索引	数据

举一个例子，使用 SDO 消息将值 0x20F0 写入到 ID 为 2 的索引为 1801H，子索引为 3 的对象字典中。

客户 \rightleftarrows 服务器

COB-ID	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
602	2B	01	18	03	F0	20	00	00

服务器 \rightleftarrows 客户

582	60	01	18	03	00	00	00	00
-----	----	----	----	----	----	----	----	----

使用下面的 SDO 消息，将对象字典中索引为 1801H 子索引为 3 的对象的数据读出。

客户 \rightleftarrows 服务器

COB-ID	Byte 0	Byte 1	Byte 2	Byte 3	Byte 4	Byte 5	Byte 6	Byte 7
602	40	01	18	03	00	00	00	00

服务器 \rightleftarrows 客户

582	4B	01	18	03	F0	20	00	00
-----	----	----	----	----	----	----	----	----

SDO 客户或者服务器通过发出如下格式的报文来中止 SDO 传送：

客户 \longleftrightarrow 服务器/服务器 \longleftrightarrow 客户

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
	1	0	0	-	-	-	-	-

在 SDO 的传送中止报文中，数据字节 0 和 1 表示对象索引，字节 2 表示子索引，字节 4 至 7 包含 32 位中止码，其描述了报文中止传送的原因，其具体描述可以附录 D。

1.8 应急指示对象(Emergency Object)

应急指示报文由设备内部出现的致命错误触发，由相关应用设备已最高优先级发送到其它设备。适用于中断类型的错误报警信号。

一个应急报文由 8 字节组成，格式如下：

发送端 \longleftrightarrow 接收端

COB-ID	Byte 0:1	Byte 2	Byte 3:7
0x080+Node-ID	应急错误代码	错误寄存器(1001H)	厂商指定区域

驱动器支持的应急错误代码详见附录 C

最近出现的错误都会保存在“预定于错误场”对象字典中(索引为 1003H)；用户可以通过 SDO 读取这些信息；但如果驱动器断电，驱动器不会保存这些错误信息。当前的错误类型保存在对象字典错误寄存器中(索引 1001H)。

设备可以将内部错误映射到这个状态字节中，并可以快速查看当前错误类型。

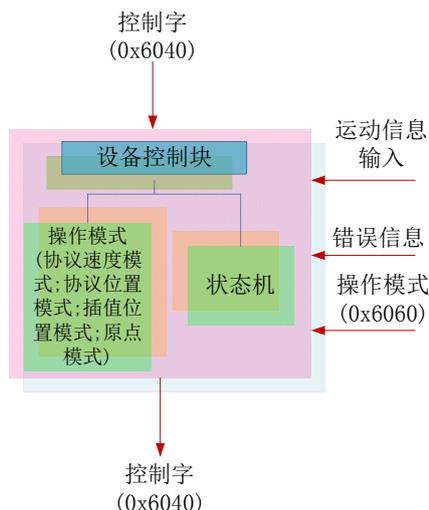
下表为错误寄存器位定义

位	错误类型
0	一般性错误
1	电流
2	电压
3	温度
4	通讯
5	设备协议指定的错误
6	保留
7	厂商指定错误

2 CANopen 设备控制

2.1 设备控制框图

DSP 402 中介绍了驱动器控制有两个主要的控制功能块：操作模式和状态机。其结构关系如下图所示：

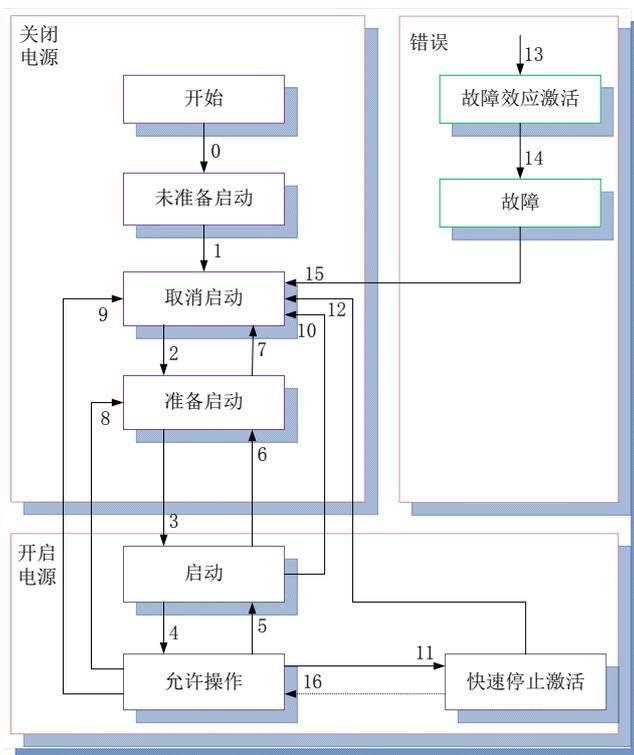


2.1.1 操作模式

控制模式由操作模式(0x6060)对象决定，CANopen 驱动器目前支持协议位置模式、协议速度模式及原点模式；具体每个模式的操作详见第四章的相关章节。

2.1.2 状态机

需要注意的是要区分 2.5.4 介绍的通讯状态机与本节介绍的设备状态机；通讯状态机主要有四个状态：初始化、预操作、操作及停止；本节介绍的状态机是当通讯状态机工作在操作状态时运行的设备控制状态机。



PDS 状态机的转换是依据主机发出的控制报文发生的；其中 0 和 1 是自动转换的；即 PDS 状态机的转换是从 Switch On Disabled 开始的；13 和 14 是出现故障后依据应用程序的处理过程而进行转换得到；其它的相关转换命令如下：

- | | | | | |
|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| 2:0x0006 | 3:0x0007 | 4:0x000F | 5:0x0007 | 6:0x0006 |
| 7:0x0000 | 8:0x0006 | 9:0x0000 | 10:0x0000 | 11:0x0002 |

12:0x0000 15:0x0080 16:0x000F

PDS 状态机的的状态和状态字对应如下:

START: 无

NOT_READY_TO_SWITCH_ON: 0x0000

SWITCH_ON_DISABLED: 0x0040

READY_TO_SWITCH_ON: 0x0021

SWITCHED_ON: 0x0023

OPERATION_ENABLE: 0x0027

QUICK_STOP_ACTIV: 0x0007

FAULT_REACTION_ACTIV: 0x000f

FAULT: 0x0008

2.2 对象字典

2.2.1 对象类型

请参考 1.4.3 节内容。

2.2.2 设备控制对象字典

CANopen 驱动器中定义设备控制对象字典对象如下表:

索引	对象类型	名称	数据类型	访问属性
6040H	VAR	控制字	无符号 16 位	RW
6041H	VAR	状态字	无符号 16 位	RO
6060H	VAR	操作模式	有符号 8 位	RW
6061H	VAR	操作模式显示	有符号 8 位	RO
6064H	VAR	位置反馈	有符号 32 位	RW
606CH	VAR	速度反馈	有符号 32 位	RW
607AH	VAR	目标位置	有符号 32 位	RW
607CH	VAR	原点偏移	有符号 32 位	RW
6081H	VAR	协议速度	无符号 32 位	RW
6083H	VAR	协议加速度	无符号 32 位	RW
6084H	VAR	协议减速度	无符号 32 位	RW
6085H	VAR	快速停止减速度	无符号 32 位	RW
6093H	ARRAY	脉冲当量	无符号 32 位	RW
6098H	VAR	回原点方法	有符号 8 位	RW
6099H	ARRAY	原点模式速度	无符号 32 位	RW
609AH	VAR	原点模式加速度	无符号 32 位	RW
60FFH	VAR	目标速度	有符号 32 位	RW

6040H: 控制字

索引	6040H
名称	控制字
对象类型	VAR
数据类型	无符号 16 位

访问属性	RW
PDO 映射	可映射
值范围	0~2 ¹⁶ -1
默认值	0

控制字(6040H)数据类型位定义:

位	15:11	10:9	8	7	6:4	3	2	1	0
定义	无	无	中止	错误复位	视操作模式而定	允许操作	快速停止	电压输出	启动

位 7 与 3:0 的组合可触发的设备控制命令如下表所示。

控制命令	位 7 与 3:0 组合					设备状态机转换
	错误复位	允许操作	快速停止	电压输出	启动	
关闭电源	0	×	1	1	0	2;6;8
启动	0	0	1	1	1	3*
启动	0	1	1	1	1	3**
无输出电压	0	×	×	0	×	7;9;10;12
快速停止	0	×	0	1	×	7;10;11
未允许操作	0	0	1	1	1	5
允许操作	0	1	1	1	1	4;16
错误复位	上升沿	×	×	×	×	15

×代表不受此位状态的影响,*表示在设备启动状态执行此转换,**表示对启动状态无影响,保持在启动状态。

注:控制字(6040H)的 6:4 会根据不同的操作模式(协议位置模式,协议速度模式等)赋予其不同的定义,详情可参见附录 A 的举例。

6041H: 状态字

索引	6041H
名称	状态字
对象类型	VAR
数据类型	无符号 16 位
访问属性	RO
PDO 映射	可映射
值范围	0~2 ¹⁶ -1
默认值	0

状态字数据类型位定义:

位	定义
15:14	无
13:12	无
11	内部限制有效
10	位置到达
9	远程

8	无
7	无
6	未启动
5	快速停止
4	电压输出
3	错误
2	允许操作
1	启动
0	准备启动

位 6 与 3:0 的组合代表的设备状态如下表所示。

位 6 与 3:0 组合	设备状态机状态
××××, ××××, ×0××, 0000	未准备启动
××××, ××××, ×1××, 0000	取消启动
××××, ××××, ×01×, 0001	准备启动
××××, ××××, ×01×, 0011	启动
××××, ××××, ×01×, 0111	允许操作
××××, ××××, ×00×, 0111	快速停止激活
××××, ××××, ×0××, 1111	故障效应激活
××××, ××××, ×0××, 1000	故障

×代表不受此位状态的影响。

6060H: 操作模式

索引	6060H
名称	操作模式
对象类型	VAR
数据类型	有符号 8 位
访问属性	RW
PDO 映射	可映射
值范围	$-2^7 \sim 2^7 - 1$
默认值	1

操作模式值对应的意义描述:

值	描述
-1 ~ -128	无
0	无
1	协议位置模式
2	无
3	协议速度模式
4	无
5	无
6	原点模式
7	无
8~127	无

6061H: 操作模式显示

索引	6061H
名称	操作模式显示
对象类型	VAR
数据类型	有符号 8 位
访问属性	只读
PDO 映射	可映射
值范围	$-2^7 \sim 2^7 - 1$
默认值	0

操作模式显示值对应的意义描述：与操作模式(6060)相同。

6064H: 位置反馈

索引	6064H
名称	位置反馈
对象类型	VAR
数据类型	有符号 32 位
访问属性	RO
PDO 映射	可映射
值范围	$-2^{31} \sim 2^{31} - 1$
默认值	0x0

606CH: 速度反馈

索引	606CH
名称	速度反馈
对象类型	VAR
数据类型	有符号 32 位
访问属性	RO
PDO 映射	可映射
值范围	$-2^{31} \sim 2^{31} - 1$
默认值	0x0

607AH: 目标位置

索引	607AH
名称	目标位置
对象类型	VAR
数据类型	有符号 32 位
访问属性	RW
PDO 映射	可映射
值范围	$-2^{31} \sim 2^{31} - 1$
默认值	0x0

607CH: 原点偏移

索引	607CH
----	-------

名称	原点偏移
对象类型	VAR
数据类型	有符号 32 位
访问属性	RW
PDO 映射	可映射
值范围	$-2^{31} \sim 2^{31} - 1$
默认值	0x0

6081H: 协议速度

索引	6081H
名称	协议速度
对象类型	VAR
数据类型	无符号 32 位
访问属性	RW
PDO 映射	可映射
值范围	$0 \sim 2^{32} - 1$
默认值	0x0

6083H: 协议加速度

索引	6083H
名称	协议加速度
对象类型	VAR
数据类型	无符号 32 位
访问属性	RW
PDO 映射	可映射
值范围	$0 \sim 2^{32} - 1$
默认值	0x0

6084H: 协议减速度

索引	6084H
名称	协议减速度
对象类型	VAR
数据类型	无符号 32 位
访问属性	RW
PDO 映射	可映射
值范围	$0 \sim 2^{32} - 1$
取值	等于 6083

6085H: 快速停止减速度

索引	6085H
名称	快速停止减速度
对象类型	VAR

数据类型	无符号 32 位
访问属性	RW
PDO 映射	可映射
值范围	$0 \sim 2^{32} - 1$
默认值	0x0

6093H: 脉冲当量

索引	6093H
名称	脉冲当量
对象类型	ARRAY
数据类型	无符号 32 位

子索引

子索引	0x0
描述	子索引数量
访问属性	RO
PDO 映射	不可映射
值范围	0x2
默认值	0x2

子索引

子索引	0x1
描述	分子
访问属性	RW
PDO 映射	可映射
值范围	$1 \sim 2^{32} - 1$
默认值	0x1

子索引

子索引	0x2
描述	反馈常数
访问属性	RW
PDO 映射	可映射
值范围	$1 \sim 2^{32} - 1$
默认值	0x1

6098H: 回原点方法

索引	6098H
名称	回原点方法
对象类型	VAR
数据类型	有符号 8 位
访问属性	RW
PDO 映射	可映射
值范围	$-2^7 \sim 2^7 - 1$
默认值	0x0

回原点方法对应的意义描述:

值	描述
-1 ~ -128	无
1~6	方法 1~6
7~16	无
17~22	方法 17~22
23~35	无
36~127	保留

6099H: 原点模式速度

索引	6099H
名称	原点模式速度
对象类型	ARRAY
数据类型	无符号 32 位

子索引

子索引	0x0
描述	子索引数量
访问属性	RO
PDO 映射	不可映射
值范围	0x2
默认值	0x2

子索引

子索引	0x1
描述	回原点高速
访问属性	RW
PDO 映射	可映射
值范围	$0 \sim 2^{32} - 1$
默认值	0x0

子索引

子索引	0x2
描述	回原点低速
访问属性	RW
PDO 映射	可映射
值范围	$0 \sim 2^{32} - 1$
默认值	0x0

提示: 在找到限位开关信号之前一般采用回原点高速; 找到限位开关后, 再找到零点位置之前一般采用回原点低速。

609AH: 原点模式加速度

索引	609AH
名称	原点模式加速度
对象类型	VAR

数据类型	无符号 32 位
访问属性	RW
PDO 映射	可映射
值范围	$0 \sim 2^{32} - 1$
默认值	0x0

60FFH: 目标速度

索引	60FFH
名称	目标速度
对象类型	VAR
数据类型	有符号 32 位
访问属性	RW
PDO 映射	可映射
值范围	$-2^{31} \sim 2^{31} - 1$
默认值	0x0

3 驱动器 CANopen 操作模式

本章主要介绍驱动器支持的 CANopen 操作模式。

3.1 协议位置模式

3.1.1 电子齿轮

电子齿轮采用 6093 对象字典设置，6093 的第一个子索引用于设置电子齿轮比分子，第二个子索引用于设置电子齿轮比分母。

公式：输出的脉冲数=输入脉冲数*电子齿轮比分子/电子齿轮比分母

3.1.2 运动设置

- ☆ 设置操作模式(6060H)为协议位置模式(值为 1)。
- ☆ 设置目标位置(607AH) (单位 pulse)。
- ☆ 设置到协议速度(6081H) (单位 pulse/s)。
- ☆ 设置协议加速度(6083H) (单位为 pulse/s^2)。
- ☆ 设置协议减速度(6084H) (单位为 pulse/s^2)。
- ☆ 设置脉冲当量(6093H)。
- ☆ 设置控制字(6040H)为相应的值来改变设备控制状态机并执行运动。

提示：各操作模式下控制字(6040H)操作及变化过程可参见附录 A。

3.1.3 查询设置

- ▲ 可设置查询查询状态字(6041H)来获取运动状态。
- ▲ 可设置查询位置反馈(6064H)来观测运动时的实时位置信息。
- ▲ 可设置查询速度反馈(606CH)来获得实时速度反馈信息。

3.2 协议速度模式

3.2.1 运动设置

- ☆ 设置操作模式(6060H)为协议速度模式(值为 3)。
 - ☆ 设置协议速度(60FFH) (单位 pulse/s)。
 - ☆ 设置协议加速度(6083H) (单位为 pulse/s²)。
 - ☆ 设置协议减速度(6084H) (单位为 pulse/s²)。
 - ☆ 设置控制字(6040H)为相应的值来改变设备控制状态机并执行运动。
- 提示：各操作模式下控制字 (6040H) 操作及变化过程可参见附录 A。

3.2.2 查询设置

- ▲ 可设置查询状态字(6041H)来获取运动状态。
- ▲ 可设置查询速度反馈(606CH)来获得实时速度反馈信息。

3.3 原点模式

3.3.1 运动设置

- ☆ 设置操作模式(6060H)为原点模式(值为 6)。
 - ☆ 设置回原点方法(6098H)。驱动器支持所有 Cia402 的回零方法(6098H 可以设置为 1~14 及 16~30)。
 - ☆ 分别设置回原点高速[6099H(0x1)]及回原点低速[6099H(0x2)](单位为 pulse/s)。
 - ☆ 设置回原点加/减速度 (609AH) (单位为 pulse/s²)。
 - ☆ 设置原点偏移(607CH) (单位为 pulse)。
 - ☆ 设置控制字(6040H)为相应的值来改变设备控制状态机并执行运动。
- 提示：各操作模式下控制字 (6040H) 操作及变化过程可参见附录 A。

3.3.2 查询设置

- ▲ 可设置查询状态字(6041H)来获取运动状态。

3.4 急停

3.4.1 运动设置

- ☆ 设置急停减速度(6085H) (单位为 mm/s²)。
 - ☆ 设置控制字(6040H)为相应的值来改变设备控制状态机并执行运动。
- 注意：急停会改变 PDS 状态机的状态

3.4.2 查询设置

- ▲ 可设置查询状态字(6041H)来获取运动状态。

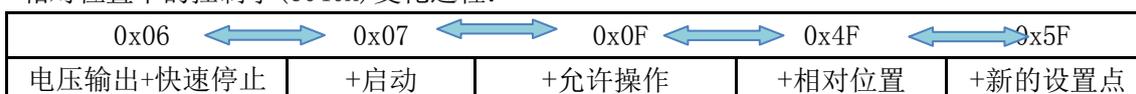
附录 A

各操作模式下控制字(6040H)的切换:

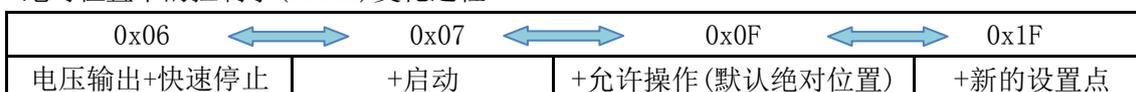
协议位置模式(操作模式 6060H 为 1)控制字(6040H)位定义:

位	15:9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
定义	无	停止	错误复位	绝对/相对位置	立即有效	新的设置点	允许操作	快速停止	电压输出	启动

相对位置下的控制字(6040H)变化过程:

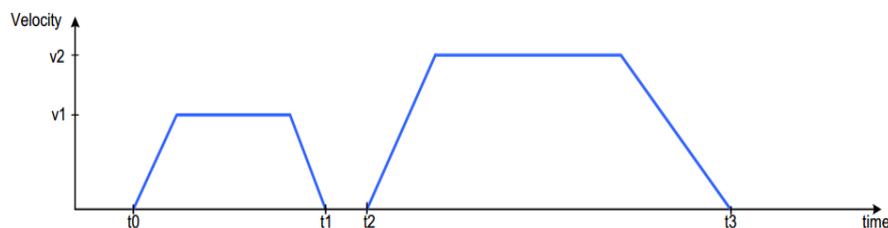


绝对位置下的控制字(6040H)变化过程

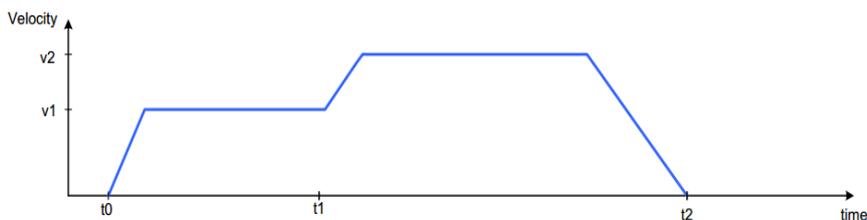


以相对位置为例:

当控制字(6040H)第五位为零时(单点设定), 在运动过程中设置的新的位置点不是立即生效, 而是在当前的运动完成后, 再通过新的控制命令((6040H)第四位由 0 变 1)才能启动下一次运动。其运动过程如下图:



如果新的运动信息输入后, 控制字(6040H)第五位为 1 时新的设置点立即有效(多点设定), 那么新的信息将叠加在当前的信息上, 立即按新的运动信息开始运动。其运动过程如下图:



当前运动未结束，新的运动信息发送至驱动器，控制字(6040H)的第四位由 0 变 1 启动一次多点运动

注意：绝对位置的 PP 运动相似处理。

协议速度模式(操作模式 6060H 为 3)控制字(6040H)位定义：

位	15:9	8	7	6:4	3	2	1	0
定义	无	停止	错误复位	无	允许操作	快速停止	电压输出	启动

协议速度模式下的控制字(6040H)变化过程(第 8 位的下降沿执行)：

0x06	↔	0x07	↔	0x0F	↔	0x10F	↔	0x00F
电压输出+快速停止		+启动		+允许操作		+停止		执行

原点模式(操作模式 6060H 为 6)控制字(6040)位定义：

位	15:9	8	7	6:5	4	3	2	1	0
定义	无	停止	错误复位	无	原点运动开始	允许操作	快速停止	电压输出	启动

原点模式模式下的控制字(6040H)变化过程：

0x06	↔	0x07	↔	0x0F	↔	0x1F	↔	0x0F
电压输出+快速停止		+启动		+允许操作		+原点运动开始		暂停

注：安全考虑，上电后第一次启动原点运动需要进行控制字(6040H) 0x0F 至 0x1F 两次切换。

在运动过程中，控制字(6040H)写入 0x02 将执行急停操作。

当驱动器从站在故障状态时，可以发送错误复位的控制字(6040H)来转换到取消启动状态：

0x80
取消启动

附录 B

PDO 传输类型定义表

传输代码	PDO 传输形式				
	周期	非周期	同步	异步	远程帧
0		√	√		

1~240	√		√		
241~251	保留				
252			√		√
253				√	√
254				√	
255				√	

传输代码 1-240 代表两个 PDO 传送之间的同步信息(SYNC)数目。

传输代码 252 代表接收 SYNC 信息之后立刻更新数据。

传输代码 253 代表接收 RTR 信息之后立刻更新数据。

传输代码 254 不支持。

传输类型代码 255 代表异步传送

附录 C

应急错误代码表

应急错误代码	代码功能描述
0000H	无错误
8110H	CAN 溢出
8120H	错误被动模式
8130H	寿命保护/心跳错误
8140H	被迫离线恢复故障
8141H	被迫离线
8150H	发送 COB-ID 冲突
8210H	PDO 长度错误未处理
8220H	PDO 超过长度

附录 D

SDO 中止传送代码表

中止代码	代码功能描述
0503 0000H	触发位没有交替变化
0504 0000H	SDO 协议超时
0504 0001H	非法/未知的命令字

0504 0002H	无效的块大小(仅块传输模式)
0504 0003H	无效的序号(仅块传输模式)
0504 0004H	CRC 错误(仅块传输模式)
0504 0005H	内存溢出
0601 0000H	对象不支持访问
0601 0001H	试图读只写对象
0601 0002H	试图写只读对象
0602 0000H	对象不存在
0604 0041H	对象不能映射到 PDO
0604 0042H	映射的对象的数目和长度超出 PDO 长度
0604 0043H	一般性参数不兼容
0604 0047H	一般性设备内部不兼容
0606 0000H	硬件错误导致对象访问失败
0606 0010H	数据类型不匹配, 服务参数长度不匹配
0606 0012H	数据类型不匹配, 服务参数长度太长
0606 0013H	数据类型不匹配, 服务参数长度太短
0609 0011H	子索引不存在
0609 0030H	超出参数的值范围(写访问时)
0609 0031H	写入参数数值太大
0609 0032H	写入参数数值太小
0609 0036H	最大值小于最小值
0800 0000H	一般性错误
0800 0020H	数据不能传送或保存到应用
0800 0021H	由于本地控制导致数据不能传送或保存到应用
0800 0022H	由于当前设备状态导致数据不能传送或保存到应用
0800 0023H	对象字典动态产生错误或对象字典不存在(例如通过文件生成对象字典, 但由于文件损坏导致错误产生)