



CSK 标准 UART 串口通信 协议文档



文档密级：NDA 公开

Version 1.2 2020.12.05

声明

本手册由聆思科技版权所有，未经许可，任何单位和个人都不得以电子的、机械的、磁性的、光学的、化学的、手工的等形式复制、传播、转录和保存该出版物，或翻译成其它语言版本。一经发现，将追究其法律责任。

聆思科技保证本手册提供信息的准确性和可靠性。聆思科技保留更改本手册的权利，如有修改，恕不相告。请在订购时联系我们以获得产品最新信息。

对任何用户使用我们产品时侵犯第三方版权或其它权利的行为聆思科技概不负责。另外，在聆思科技未明确表示产品有该项用途时，对于产品使用在极端条件下导致一些失灵或损毁而造成的损失概不负责。

变更记录

版本	变更内容	变更人	审核人	日期
1.0	首版发布	朱昊	黄凯仪	2020-01-08
1.1	更改系统配置描述	朱昊	黄凯仪	2020-02-21
1.2	<ol style="list-style-type: none">1. 固定标记修改: 命令帧为 0xFF 0x00, 响应帧 (from CSK) 为 0xF0 0x00。2. 弃用原有 0x03 版本查询命令帧, 新增 0x19 查询所有版本号命令帧。3. 新增 0x05 系统休眠命令帧。4. 新增 0x16 设置 ADC 增益命令帧。5. 新增 0x17 设置命令词识别启停命令帧。6. 新增 0x18 设置 UAC 通道命令帧。7. 新增 0xFF 心跳命令帧。8. 弃用原有 0x02 固件版本反馈响应帧, 新增 0x04 版本查询反馈响应帧。9. 优化 0x10 识别结果反馈命令数据参数。	刘钟蔚	朱元恒	2020-12-20

目录

声明.....	1
变更记录.....	2
1 概述.....	5
2 传输协议.....	6
2.1 帧头说明.....	6
2.2 帧体说明.....	6
3 业务协议.....	7
3.1 CSK 命令帧.....	7
3.1.1 0x01 系统设置.....	7
3.1.2 0x02 串口设置.....	8
3.1.3 0x03 版本查询 (已弃用)	8
3.1.4 0x04 状态查询.....	9
3.1.5 0x05 系统休眠.....	9
3.1.6 0x10 停止所有模块.....	10
3.1.7 0x11 启动识别模式.....	11
3.1.8 0x12 播放音频.....	12
3.1.9 0x15 设置 i2s 输出通道.....	13
3.1.10 0x16 设置 ADC 增益.....	13

3.1.11 0x17 设置命令词识别的启停.....	14
3.1.12 0x18 设置 UAC 通道.....	14
3.1.13 0x19 查询所有版本号.....	15
3.2 CSK 响应帧.....	17
3.2.1 0x01 命令帧反馈.....	17
3.2.2 0x02 固件版本（已弃用）	17
3.2.3 0x03 运行状态.....	18
3.2.4 0x04 版本查询的反馈.....	18
3.2.5 0x10 识别结果反馈.....	18
3.2.6 0x11 识别异常反馈.....	19
3.2.7 0x20 播音结束反馈.....	20

1 概述

CSK 作为协处理器时，通过串口通信，为外围模块提供封装的 AI 能力。此处串口协议我们通过两层协议，来提供完整可靠的 CSK API。这两层协议分别为：传输协议、业务协议。传输协议主要负责 UART 底层的数据进行可靠性保障，而业务协议主要是对 CSK 能力进行定义，提供可扩展的 API。

2 传输协议

传输协议，是以接收到的 UART 原始数据为基础，定义 CSK 数据帧格式，对流式的二进制数据，进行分帧工作，解析出对应的帧信息，向上传递到业务协议层。传输协议的数据帧格式如下：

帧头						帧数据				
固定标记		帧长度		帧编号	帧头校验	类型	地址	命令字	命令数据	帧数据校验
FTAG _L	FTAG _H	FLEN _L	FLEN _H	FUID	LCHK	TYPE	REG	CMD	DATA	DCHK

2.1 帧头说明

名称	长度(byte)	说明
固定标记	2	固定为 FTAG _L = 0x58, FTAG _H = 0x46。
帧长度	2	由两个字节组成，低字节在前，高字节在后；表示整个命令帧的长度。
帧序号	1	表示命令帧的序号，确保短时唯一。
帧头校验	1	采用按字节累加和校验；即： (FTAG _L + FTAG _H + FLEN _L + FLEN _H + FUID + LCHK) % 256 = 0

2.2 帧数据说明

名称	长度(byte)	说明
类型	1	命令帧为 0xF0，响应帧 (from CSK) 为 0xFF。
地址	1	预留，固定为 0x00。
命令字	1	表示命令帧/响应帧的命令字。
命令数据	X	不同命令类型，有不同的命令数据结构，具体见：业务协议。
帧数据校验	1	采用按字节累加和校验；即： (TYPE + REG + CMD + DATA + DCHK) % 256 = 0

3 业务协议

数据帧，对于 CSK 而言，分为命令帧、响应帧，通过帧数据的固定标记，进行区分；

3.1 CSK 命令帧

外围芯片，可通过“命令帧”来操作 CSK，帧数据标记为：0xF0 0x00

3.1.1 0x01 系统设置

名称	发送数据	字节数量	说明
命令类型	0x01	1 字节	系统设置。 包括：系统音量设置、就绪信号电平设置、系统闲置休眠时间、识别命令词上传格式等设置。
命令数据	VOL	1 字节	设置系统音量，仅需开机初始化一次： 【0x00~0x0F】有效值； 【0xFE】默认值：0x08； 【0xFF】历史值； 【其它】无效值，系统将反馈参数错误信息
	READY	1 字节	设置 RDY 电平触发方式，仅需开机初始化一次： 【0x00】低电平； 【0xAA】高电平； 【0xFE】默认值：低电平； 【0xFF】历史值； 【其它】无效值，系统将反馈参数错误信息
	SLEEP_TIME	1 字节	遵循默认值即可。 【0x00】默认值：0x00； 【0x01~0xF0】有效值； 【0xFE】默认值：0x06； 【0xFF】历史值； 【其它】无效值，系统将反馈参数错误信息
	CUT_FOR_MAT	1 字节	设置识别结果上传内容。 启动识别模式，根据输入音频有识别结果后，会根据此参数的不同，上报给上位机不同的格式的识别结果： 【0x00】上报命令词 KEYID 及唤醒得分和命令词文本，默认值； 【0x01】仅上报命令词 KEYID； 【0x02】仅上报命令词文本；

			【其它】无效值，系统将反馈参数错误信息
--	--	--	---------------------

使用示例：设置播音音量为 7 级，RDY 高电平。

FTAG _L	FTAG _H	FLEN _L	FLEN _H	FUID	LCHK	TYPE	REG	CMD	VOL	READY	S_TIME	O_MAT	DCHK
0x58	0x46	0x0E	0x00	0x00	0x54	0xF0	0x00	0x01	0x07	0xAA	0x0A	0x00	0x54

3.1.2 0x02 串口设置

设置串口波特率。串口波特率设置完成后，当前帧的状态反馈，如收到正确命令帧等仍是使用之前的波特率发送的（用户可以在接收到正确命令帧之后，更换所需波特率）。

名称	发送数据	字节数量	说明
命令类型	0x02	1 字节	
命令数据	RATE	1 字节	配置波特率（单位：bps）： 【0x00】9600； 【0x01】19200； 【0x02】57600； 【0x03】115200 默认值； 【0x04】345600； 【其它】无效值，系统将反馈参数错误信息 需要注意的是，不同版本的默认通信波特率值不一样，详见版本查询命令中相关说明，但打印功能串口的波特率固定为 115200。

使用示例：设置波特率为 115200。

FTAG _L	FTAG _H	FLEN _L	FLEN _H	FUID	LCHK	TYPE	REG	CMD	RATE	DCHK
0x58	0x46	0x0B	0x00	0x00	0x57	0xF0	0x00	0x02	0x03	0x0B

3.1.3 0x03 版本查询（已弃用）

已弃用。

3.1.4 0x04 状态查询

查询当前系统工作运行状态。模块在收到该命令后，将反馈系统状态数据包，详见响应帧部分说明。

名称	发送数据	字节数量	说明
命令类型	0x04	1 字节	

使用示例:

FTAG _L	FTAG _H	FLEN _L	FLEN _H	FUID	LCHK	TYPE	REG	CMD	DCHK
0x58	0x46	0x0A	0x00	0x00	0x58	0xF0	0x00	0x04	0x0C

3.1.5 0x05 系统休眠 (已弃用)

已弃用。

3.1.6 0x10 停止所有模块

停止当前正在工作的功能模块。包括：语音播放、语音识别、语音唤醒等，停止后进入空闲状态。需要注意的是，通过该指令强制系统结束当前运行的功能模块后，是不会收到当前模块运行结束状态反馈的，例如当前正在播音，发送该命令后，模块不会再发送播音停止状态反馈（正常播音结束后会有该状态反馈）。

名称	发送数据	字节数量	说明
命令类型	0x10	1 字节	

使用示例：

FTAG _L	FTAG _H	FLEN _L	FLEN _H	FUID	LCHK	TYPE	REG	CMD	DCHK
0x58	0x46	0x0A	0x00	0x00	0x58	0xF0	0x00	0x10	0x06

3.1.7 0x11 启动识别模式

启动语音识别命令。执行该命令后，系统将根据设置的参数进行语音识别，包括：前置播音、识别模式、识别超时时间等。

名称	发送数据	字节数量	说明
命令类型	0x11	1 字节	
命令数据	VID	2 字节	由两个字节组成，低字节在前，高字节在后；可以且仅支持在启动识别前播放一条提示音，录音播放完成后，将自动启动识别，录音 ID 详见播音命令中的说明。
	MODE	4 bit	用来指定识别模式，和 BEAM、LOOP 共同组成一个字节，MODE 占第 0-3 位。 【0x00】 wakeup 模式。该模式仅支持唤醒，唤醒成功后，返回唤醒结果；注意：唤醒是永久等待的，直到唤醒成功； 【0x01】 ASR 模式。该模式仅支持识别，识别成功后，返回唤醒结果；该模式必须指定 BEAM。此模式的 RT 参数可选； 【0x02】 oneshot：即一次唤醒，一次识别；唤醒和识别成功都会返回结果；此模式的 RT 参数可选； 【0x03】 多轮交互模式：即一次唤醒后，可以进行多次识别；唤醒和识别成功都会返回结果；此模式会一直进行直到识别超时或者接收到其它需要切换状态的指令才会退出识别； 【其它】 无效值，系统将反馈参数错误信息；
	BEAM	3 bit	指定识别模式的拾音波束，仅在 MODE = 0x01 时有效。和 MODE、LOOP 共同组成一个字节，BEAM 占第 4-6 位。 【0x00】 主要拾音 mic1 方向音频 (0° - 60°) ； 【0x01】 主要拾音中间方向音频 (60° - 120°) ； 【0x02】 主要拾音 mic2 方向音频 (120° - 180°) ； 【其它】 无效值，系统将反馈参数错误信息
	LOOP	1bit	指定识别模式是否循环，和 MODE、BEAM 共同组成一个字节，LOOP 占第 7 位。 【0x00】 单次。该模式下，识别出结果后，进入空闲状态； 【0x01】 循环。该模式下，识别出结果后，再次启动识别，循环直到接收到其它需要切换状态的指令才会退出识别；
	RT	1 字节	1 字节，仅用来指定命令词的识别超时，超时后会返回识别超时信息，单位：秒。注意：模块在等待唤醒时会永久等待，因此 RT 只在识别时起作用。 【0x00】 默认值，即永久等待，不会超时； 【0x01~0xFF】 有效值；

使用示例：先播识别提示音 1，然后进入多轮交互模式模式，BEAM = 1，循环识别；语音超时 20S。

FTAG _L	FTAG _H	FLEN _L	FLEN _H	FUID	LCHK	TYPE	REG	CMD	VID _L	VID _H	MBL	RT	DCHK
0x58	0x46	0x0E	0x00	0x00	0x54	0xF0	0x00	0x11	0x01	0x00	0x93	0x14	0x57

3.1.8 0x12 播放音频

语音播放命令，可以播放一个语音序列，最多连续 4 个。

名称	发送数据	字节数量	说明
命令字	0x12	1 字节	
命令数据	VID_1	2 字节	有效值：从 1 到 MAX (其中 MAX 取决于实际存储的音频个数，最大取值 0xFE)；0x00 作为忽略值及默认值。特殊说明：从第 1 条开始，如果第 N (1≤N≤4) 条语音 ID 为 0x00，则该语音之后的 4-N 条语音都将被忽略。由两个字节组成，低字节在前，高字节在后；
	VID_2	2 字节	
	VID_3	2 字节	
	VID_4	2 字节	

使用示例：播放两条提示音，第 1 条为 0x01，第 2 条为 0x02，其余的两条为无效值。

FTAG _L	FTAG _H	FLEN _L	FLEN _H	FUID	LCHK	TYPE	REG	CMD
0x58	0x46	0x12	0x00	0x00	0x50	0xF0	0x00	0x12
VID_1 _L	VID_1 _H	VID_2 _L	VID_2 _H	VID_3 _L	VID_3 _H	VID_4 _L	VID_4 _H	DCHK
0x01	0x00	0x02	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0xFB

3.1.9 0x15 设置 I2S 输出通道

I2S 输出通道选择命令，模块支持输出四个通道信号的输出，即可以同时输出四路音频信号，每个通道为 16bit 数据，并且支持和 7 路物理音频声道（静音声道，左、右麦克风声道，左、右参考信号声道，左、右降噪后音频声道）的随意映射，实现自由组合输出，满足不同的上位机需求。

名称	发送数据	字节数量	说明
命令类型	0x15	1 字节	
命令数据	CHANNEL	4 字节	输出通道配置，共 4 个字节其中： 1 字节：W 表示映射到输出通道 1 的物理声道编号； 1 字节：X 表示映射到输出通道 2 的物理声道编号； 1 字节：Y 表示映射到输出通道 3 的物理声道编号； 1 字节：Z 表示映射到输出通道 4 的物理声道编号； 这里：W、X、Y、Z 取值的有效范围均为 0-6，对应的物理声道编号参见物理声道列表。

通道号说明：

通道号	通道描述	说明
0	静音通道	该声道将输出纯零静音数据，一般情况下座位占位或屏蔽通道使用。
1	MIC 1 信号	麦克风 1 的原始信号。
2	MIC 2 信号	麦克风 2 的原始信号（如有）。
3	参考信号 1	参考信号 1 的原始数据。
4	参考信号 2	参考信号 2 的原始数据（如有）。
5	降噪音频 1	前端算法后的第一路音频，主要用于识别处理。
6	降噪音频 2	前端算法后的第二路音频，主要用于识别处理。
7	测试通道	测试通道数据，主要用于验证是否存在数据丢失等。
8	云端识别信号	前端算法后的第三路音频，主要用于云端识别。

使用示例：播放两条提示音，物理声道 1、2、3、4 对应通道配置。

FTAG _L	FTAG _H	FLEN _L	FLEN _H	FUID	LCHK	TYPE	REG	CMD	C_W	C_X	C_Y	C_Z	DCHK
0x58	0x46	0x0E	0x00	0x00	0x54	0xF0	0x00	0x15	0x01	0x02	0x03	0x04	0xF1

3.1.10 0x16 设置 ADC 增益

动态修改 ADC 的增益，分别对就 MIC1、MIC2、REF1、REF2 的增益；

名称	发送数据	字节数量	说明
命令类型	0x16	1 字节	
命令数据	MIC_1	1 字节	MIC 信号增益，分为 10 级。
	MIC_2	1 字节	
	REF_1	1 字节	回采信号增益，分为 10 级。
	REF_2	1 字节	

使用示例：设置 ADC 增益为 10 级(2 路 mic 增益 8，2 路回采增益为 1)。

FTAG _L	FTAG _H	FLEN _L	FLEN _H	FUID	LCHK	TYPE	REG	CMD	MIC_1	MIC_2	REF_1	REF_2	DCHK
0x58	0x46	0x0E	0x00	0x00	0x54	0xF0	0x00	0x16	0x08	0x08	0x01	0x01	0xE8

3.1.11 0x17 设置命令词识别的启停

控制系统是否进入识别模式，即跳过唤醒，直接进入命令词的识别；

名称	发送数据	字节数量	说明
命令类型	0x17	1 字节	
命令数据	MODE_CTRL	1 字节	控制命令词识别的进入、退出。注：只有在命令词识别状态下，才会有 CAE 第三路音频输出； 【0x00】进入命令词识别状态； 【0x01】退出命令词识别状态；
	DEF	1 字节	保留字段，固定为 0x00
	DEF	1 字节	
	DEF	1 字节	

使用示例：进入命令词识别状态。

FTAG _L	FTAG _H	FLEN _L	FLEN _H	FUID	LCHK	TYPE	REG	CMD	M_CTRL	DEF	DEF	DEF	DCHK
0x58	0x46	0x0E	0x00	0x00	0x54	0xF0	0x00	0x17	0x00	0x00	0x00	0x00	0xF9

3.1.12 0x18 设置 UAC 通道

当固件设置为通过 UAC 输出音频时，该命令可用来设置 UAC 输出的音频通道号。UAC 仅输出一个通道音频。

名称	发送数据	字节数量	说明
命令类型	0x18	1 字节	
命令数据	CHANNEL	1 字节	【0x00】 静音输出，即输出数据为 0； 【0x01】 降噪后第一路音频； 【0x02】 降噪后第二路音频； 【0x03】 降噪后第三路音频（用于云端识别）； 【0x04】 测试用的音频（用于测试 UAC 传输的完整性）；

使用示例：输出第三路音频，用于云端识别。

FTAG _L	FTAG _H	FLEN _L	FLEN _H	FUID	LCHK	TYPE	REG	CMD	CHANNEL	DCHK
0x58	0x46	0x0B	0x00	0x00	0x57	0xF0	0x00	0x18	0x03	0xF5

3.1.13 0x19 查询所有版本号

查询固件、算法、资源等版本号，需要查询哪些版本号，可通过参数配置。各版本号分开响应帧分开输出。

名称	发送数据	字节数量	说明
命令类型	0x19	1 字节	
命令数据	MODUL	1 字节	需要查询版本号的模块； 【0x00】 查询所有模块的版本号，各模块的版本号分开响应； 【0x01】 查询固件版本号； 【0x02】 查询 CAE 的版本号； 【0x03】 查询 miniESR 的版本号；

使用示例：查询固件 CAE 版本号。

FTAG _L	FTAG _H	FLEN _L	FLEN _H	FUID	LCHK	TYPE	REG	CMD	MODUL	DCHK
0x58	0x46	0x0B	0x00	0x00	0x57	0xF0	0x00	0x19	0x02	0xF5

3.1.14 0xFF 心跳

CSK 接收的心跳指令后，返回一个心跳“响应帧”，表示工作正常；

名称	发送数据	字节数量	说明
命令类型	0xFF	1 字节	
命令数据	DEF	1 字节	保留字段，固定为 0x00

使用示例：

FTAG _L	FTAG _H	FLEN _L	FLEN _H	FUID	LCHK	TYPE	REG	CMD	DEF	DCHK
0x58	0x46	0x0B	0x00	0x00	0x57	0xF0	0x00	0xFF	0x00	0x11

3.2 CSK 响应帧

CSK 通过响应帧，向外围模块发送 CSK 的相关信息；帧数据标记为：0xFF 0x00。

3.2.1 0x01 命令帧反馈

系统正常启动、接收到命令帧后，CSK 会发送本响应；

名称	发送数据	字节数量	说明
命令类型	0x01	1 字节	
命令数据	STATE	1 字节	【0x00】 系统初始化成功（系统正常启动后，会主动发送该响应） 【0x10】 收到正确的命令 【0x11】 数据帧格式错误 【0x12】 数据帧参数错误

使用示例：系统初始化成功。

FTAG _L	FTAG _H	FLEN _L	FLEN _H	FUID	LCHK	TYPE	REG	CMD	STATE	DCHK
0x58	0x46	0x0B	0x00	0x00	0x57	0xFF	0x00	0x01	0x00	0x00

3.2.2 0x02 固件版本（已弃用）

已弃用。

3.2.3 0x03 运行状态反馈

系统运行状态命令帧的反馈。

名称	发送数据	字节数量	说明
命令类型	0x03	1 字节	
命令数据	STATE	1 字节	【0x00】 空闲和就绪状态 【0x10】 语音识别状态 【0x11】 语音播放状态 【0x12】 语音合成状态 【0x13】 系统休眠（低功耗）状态

使用示例：反馈当前处于空闲状态。

FTAG _L	FTAG _H	FLEN _L	FLEN _H	FUID	LCHK	TYPE	REG	CMD	STATE	DCHK
0x58	0x46	0x0B	0x00	0x00	0x57	0xFF	0x00	0x03	0x00	0xFE

3.2.4 0x04 版本查询的反馈

针对版本查询命令帧（0x19）的响应，如果查询的是所有模块的版本，那么会分多次反馈各个模块的版本。

名称	发送数据	字节数量	说明
命令类型	0x04	1 字节	
命令数据	TYPE	1 字节	【0x01】 固件版本号； 【0x02】 CAE 的版本号； 【0x03】 miniESR 的版本号；
	VER_1	32 字节	基础固件/算法版本号
	VER_2	32 字节	固件构建号/资源版本号（暂时全部为 0x00）

使用示例：反馈固件版本号，版本号是固件的 git 的 commit id。

FTAG _L	FTAG _H	FLEN _L	FLEN _H	FUID	LCHK	TYPE	REG	CMD	TYPE	VER_1	VER_2	DCHK
0x58	0x46	0x4B	0x00	0x00	0x17	0xFF	0x00	0x04	0x00	0x00

3.2.5 0x10 识别结果反馈

语音识别系统处理结束，将识别结果回传上位机，根据系统设置命令的【OUT_FORMAT】段设置，输出不同格式的结果。

OUT_FORMAT = 0 时:

名称	发送数据	字节数量	说明
命令类型	0x10	1 字节	
命令数据	ID	2 字节	识别结果编号，取值范围：0~65535，该值代表对应的识别结果的编号，可通过该值获知是哪个命令被触发了。
	SCORE	2 字节	命令词分数
	TEXT	N 字节, 不超过 200	识别结果名称，最大不超过 200 个字节（100 个字），该值表示识别结果对应的文本。注意：此文本编码固定为 UTF-8 格式。

OUT_FORMAT = 1 时:

名称	发送数据	字节数量	说明
命令类型	0x10	1 字节	
命令数据	ID	2 字节	识别结果编号，取值范围：0~65535，该值代表对应的识别结果的编号，可通过该值获知是哪个命令被触发了。

OUT_FORMAT = 2 时:

名称	发送数据	字节数量	说明
命令类型	0x10	1 字节	
命令数据	TEXT	N 字节, 不超过 200	识别结果名称，最大不超过 200 个字节（100 个字），该值表示识别结果对应的文本。注意：此文本编码固定为 UTF-8 格式。

使用示例：反馈唤醒词识别结果为 1，分数为 100，名称为小美小美。

FTAG _L	FTAG _H	FLEN _L	FLEN _H	FUID	LCHK	TYPE	REG	CMD
0x58	0x46	0x1A	0x00	0x00	0x48	0xFF	0x00	0x10
ID _L	ID _H	SCORE _L	SCORE _H	TEXT				
0x0F	0x00	0x64	0x00				
TEXT							DCHK	
.....							0xEB	

3.2.6 0x11 识别异常反馈

识别异常状态反馈，包括：超时、拒识、错误等信息。

名称	发送数据	字节数量	说明
命令类型	0x11	1 字节	
命令数据	ERROR	1 字节	<p>【0x01】识别超时：用户在一段时间内未说话，出现反应超时；用户说话的时间超过设定的时间，出现识别超时；</p> <p>【0x10】引擎错误：引擎内部出现错误，通常用户是接收不到此状态的，如果确实接收到了，请复位模块；</p>

使用示例：识别超时。

FTAG _L	FTAG _H	FLEN _L	FLEN _H	FUID	LCHK	TYPE	REG	CMD	ERROR	DCHK
0x58	0x46	0x0B	0x00	0x00	0x57	0xFF	0x00	0x11	0x01	0xEF

3.2.7 0x20 播音结束反馈

播音结束后（注意，仅对播音指令有效，并且只有正常播放结束，才会有该状态信息反馈。识别或唤醒等前置提示音播放，或者播音强制结束的都不会有该状态反馈）。

名称	发送数据	字节数量	说明
命令类型	0x20	1 字节	

使用示例：

FTAG _L	FTAG _H	FLEN _L	FLEN _H	FUID	LCHK	TYPE	REG	CMD	DCHK
0x58	0x46	0x0A	0x00	0x00	0x58	0xFF	0x00	0x20	0xE1