

## 特点

### PD控制器

- 带有状态标志的IEEE802.3at Type-2 类硬件分类
- 适配器优先级输入
- 内置100V,0.45欧姆导通控制MOSFET
- 直流DC/DC转换器启用
- 工作电流高达850mA

### DC-DC转换器

- 使用原边反馈控制VOUT
- 外部可设定恒流值与输出功率
- 内置原边反馈恒流控制
- 内建自适应峰值电流控制
- 上电软启动
- 逐周期限流保护（OCP）
- 集成完善的保护功能
- 封装类型QFN-4\*4\_20L

## 应用领域

- IEEE802.3af/at兼容设备
- 视频和网络语音(VoIP)电话
- 多频带访问点
- 监控摄像头
- 微基站

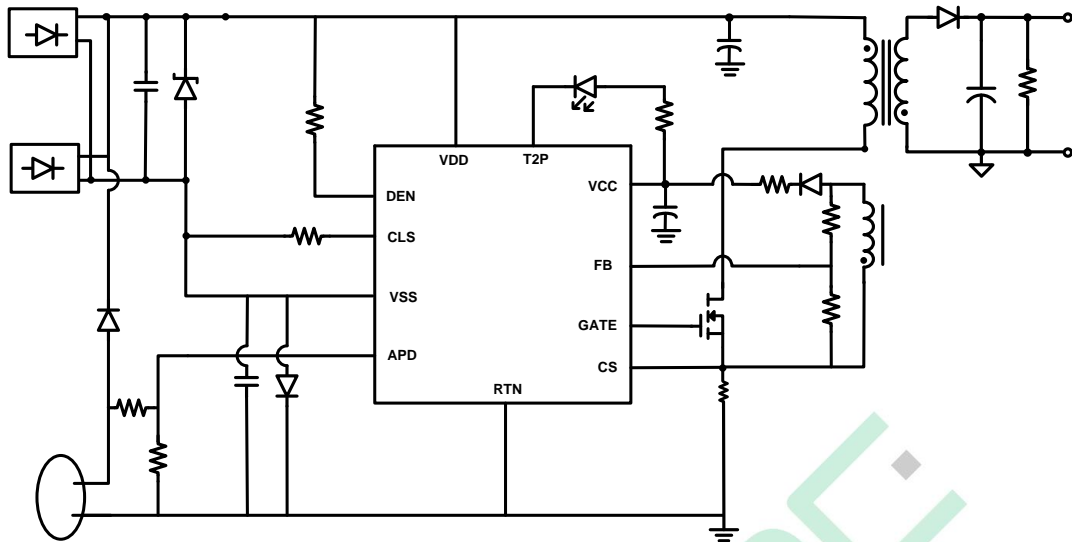
## 概述

AS7016AQ 是一款用于以太网供电系统（PoE）的 DC/DC 控制器。采用原边控制（PSR）方式，适用于Flyback拓扑，提供精确的恒压控制环路，具有较高的系统效率和良好的EMI特性。

这款集成电路包含实现IEEE802.3at type2 类受电设备(PD)所需的全部功能。该控制器的内部开关电阻部低至0.45欧姆，使该控制器能够持续在高达0.85A的电流运行。AS7016AQ 具有一个辅助电源检测（APD）输入，可以优先连接外部电源适配器。它还具有100伏耐压的导通MOSFET，75mA浪涌电流限制，2类指示，自动重试故障保护，开漏电源正状态输出的特点。

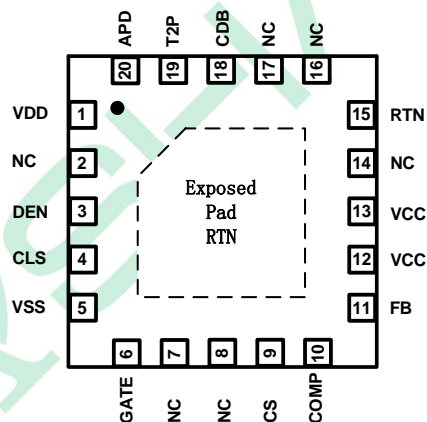
为了获得更高的效率和更好的性能，AS7016AQ采用自适应 PWM/PFM 控制驱动反激变换器。集成有多种保护功能：VCC欠压保护(UVLO)、VCC过压保护(OVP)、逐周期限流保护(OCP)、短路保护(SLP)和VCC箝位等。

## 典型应用电路图



## 脚位信息

## 管脚定义



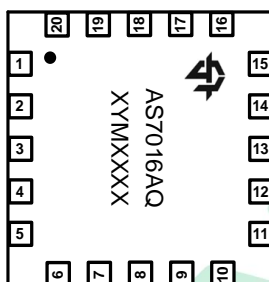
## 管脚描述

PIN		描述
NAME	NO.	
VDD	1	连接PoE输入电源脚
DEN	3	为检测连接24.9kΩ到V <sub>DD</sub> , 使MOSFET到V <sub>SS</sub> 导通
CLS	4	为了分级电流CLS通过电阻连接V <sub>SS</sub>
VSS	5	连接到来自PoE电源的负极电源
GATE	6	开关驱动脚
CS	9	电流采样输入管脚
COMP	10	环路补偿脚
FB	11	系统反馈管脚。辅助绕组电压经电阻分压后送至FB管脚, 用于CV模式输出电压控制
VCC	12	芯片供电管脚

RTN	15	PoE passMOSFET的漏极，反激控制器的地
CDB	18	低电平有效，开漏转换器禁用输出
T2P	19	低电平有效，2型PSE连接或APD激活
APD	20	提高RTN以上1.5V，以禁用passMOSFET并强制激活T2P
Exposde PAD		IC的散热位置，应该连接到RTN的引脚上

## 产品标记

X: 内部识别码  
Y: 年份代码  
M: 月份代码  
XXXX: 追溯码



## 订货信息

型号	描述
AS7016AQ	QFN-4*4_20L, 无铅、编带盘装, 4000 颗/卷

## 输出功率表

产品型号	40-57VDC
	POE
AS7016AQ	0-24W

## 极限参数

参数		数值	单位
输入电压	VDD , DEN	-0.3 to 100	V
	RTN	-0.6 to 100	V
	CLS	-0.3 to 6.5	V
	APD to RTN	-0.3 to 19	V
	CDB , T2P to RTN	-0.3 to 100	V
	CS,COMP,FB	-0.3 to 7	V

	GATE to RTN	-0.3 to 20	V
灌电流	RTN	内部限制	mA
	CDB , T2P	5	mA
	DEN	1	mA
拉电流	CLS	65	mA
ESD HBM		2	KV
ESD（空气放电）		15	KV
ESD（接触放电）		8	KV
贮存温度		-65 to 150	°C
工作结温T <sub>J</sub>		+150	°C
工作温度范围T <sub>amb</sub>		-40 to 85	°C

(1) 超过绝对最大额定值下列出的应力可能会对器件造成永久性损坏。这些仅为应力额定值，并不意味着器件在这些或任何其他条件下的功能操作，超出了推荐操作条件下的指示。长时间暴露在绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。

## 推荐工作条件

参数	数值	单位
RTN VDD to VSS	0 to 57	V
APD to RTN	0 to 18	V
CDB T2P to RTN	0 to 57	V
灌电流 RTN	0.85	A
灌电流 CDB T2P	2	mA
VCC to RTN	11 to 20	V
工作环境温度	-40 to 85	°C

## 电气参数（DCDC 原边控制器，VCC=18V）

符号	参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
电源部分						
V <sub>VCC</sub>	工作电压范围		9.5	--	20	V
V <sub>VCC_ON</sub>	启动电压		14.7	16.3	17.7	V
V <sub>VCC_OFF</sub>	关断电压		7.4	8.2	9.4	V
I <sub>ST</sub>	启动电流		--	11	13	μA
I <sub>VCC</sub>	工作电流	VCC=18V, V <sub>FB</sub> =V <sub>CS</sub>	2	2.5	4	mA

		=0V, $V_{COMP}=2V$				
$V_{VCC\_OVP}$	VCC 过压保护		21	22.3	24	V
$I_{VCC\_OVP}$	VCC 保护电流		1.1	1.7	2.3	mA
振荡器部分						
$F_{OSC}$	振荡器频率	$V_{FB}=V_{CS}=0V, V_{COMP}=2V$	165	180	195	KHz
$F_{OSC\_MIN}$	最小频率	$V_{FB}=V_{CS}=0V, V_{COMP}=0.3V$	15	18.5	25	KHz
$D_{MAX}$	最大占空比	$V_{FB}=V_{CS}=0V, V_{COMP}=2V$	70	89	90	%
反馈部分						
$V_{REF}$	恒压阈值		2.97	3	3.03	V
$V_{COMP\_H}$	COMP 高钳位值		2.3	2.4	2.5	V
$V_{FB\_OVP}$	输出过压保护阈值		3.4	3.5	3.6	V
$V_{FB\_SHORT}$	输出短路保护阈值		1.35	1.45	1.55	V
$T_{FB\_SHORT}$	输出短路保护延时	软启动结束后	7.5	8.5	9.5	mS
CS部分						
$V_{CS\_MAX}$	CS 最大值		0.7	0.8	0.9	V
$V_{CS\_LIM}$	CS 异常保护值		0.9	0.93	1.1	V
$T_{LEB}$	前沿消隐时间		300	400	500	nS
$T_{SS}$	软启动时间		4.6	5.6	6.6	mS
过温保护部分						
$T_{OTP}$	过温保护		135	150	165	°C
$T_{OTP\_HYS}$	过温保护迟滞		--	20	--	°C

## 电气参数（PD 接口部分，所有引脚对VSS，除非特殊说明）

符号	参数	测试条件	最小	典型	最大	单位
检测管脚 DEN						
	偏置电流	DEN开路, $V_{VDD}=10.1V$ , 测量输入电流( $V_{DD}, RTN, DEN$ ), 不在mark阶段	3	6.9	12	uA
	检测电流	测量流入的电流( $V_{DD}, RTN, DEN$ ), $V_{DD}=1.8V$	69	74.9	85	uA
		测量ISUPPLY( $V_{DD}, RTN, DEN$ ), $V_{DD}=10.1V$ , 不在mark阶段	395	424	460	uA
$VPD\_DIS$	关断阈值	DEN关断电压	3	4	5	V

	迟滞		50	120	200	mV
<b>辅助电源检测 (APD)</b>						
$V_{APDEN}$		$V_{APD}$ 升高,测量到RTN的电压	1.4	1.5	1.6	V
$V_{APDH}$		迟滞,测量到RTN的电压	0.27	0.3	0.33	V
灌电流		$V_{(APD-RTN)}=5V$ ,测量 $I_{APD}$	1	1.6	3	uA
<b>分级 (CLS管脚)</b>						
$I_{CLS}$	分级电流	13V $\leq V_{VDD}\leq 21V$ ,测量 $I_{VDD}+I_{DEN}+I_{RTN}$				
		$R_{CLS}=1270\ \Omega$ CLASS 0	1.8	2.17	2.6	mA
		$R_{CLS}=243\ \Omega$ CLASS 1	9.9	10.6	11.2	
		$R_{CLS}=137\ \Omega$ CLASS 2	17.6	18.6	19.4	
		$R_{CLS}=90.9\ \Omega$ CLASS 3	26.5	27.9	29.3	
		$R_{CLS}=63.4\ \Omega$ CLASS 4	38	39.9	42	
$V_{CL\_ON}$	分级低阈值电压	$V_{VDD}$ 上升, $I_{CLS}\uparrow$	11.9	12.5	13	V
$V_{CL\_H}$		迟滞	1.4	1.6	1.7	V
$V_{CU\_ON}$	分级高阈值电压	$V_{VDD}$ 上升, $I_{CLS}\downarrow$	21	22	23	V
$V_{CU\_H}$		迟滞	0.5	0.7	0.9	V
$V_{MSR}$	Markreset阈值	$V_{VDD}$ 降低	3	4.0	5	V
	Markstate电阻	测量5V和10.1V的两个点	6	10	12	k $\Omega$
漏电流		$V_{VDD}=57V$ , $V_{CLS}=0V$ ,测量 $I_{CLS}$			1	uA
<b>导通检测 (RTN)</b>						
$R_{DS(on)}$		导通电阻	0.3	0.45	0.75	$\Omega$
输入偏置电流		$V_{VDD}=V_{RTN}=30V$ ,测量 $I_{RTN}$			30	$\mu A$
电流限制		$V_{RTN}=1.5V$	0.85	1	1.2	A
浪涌电流限制		$V_{RTN}=2V$ , $V_{VDD}:20V\rightarrow 48V$	60	75	90	mA
浪涌电流占比		浪涌电流的百分比	80%	90%	99%	
转换阈值电压		$V_{RTN}$ 升高	11	12.3	13.6	V
转换阈值电压时间		正常工作电流切换为浪涌电流时的时间	500	800	1500	$\mu s$
<b>转换器禁用 (CDB)</b>						
输出低电压		测 $V_{CDB}-V_{RTN}$ , $I_{CDB}=2mA$ , $V_{RTN}=2V$ $V_{DD}:20V\rightarrow 48V$		0.35	0.5	V
漏电流		$V_{CDB}=57V$ , $V_{RTN}=0V$			10	uA
<b>2类PSE指示 (T2P)</b>						

$V_{T2P}$	输出低电压	$I_{T2P}=2mA$ ,分级和浪涌电流启动之后, $V_{RTN}=0V$		0.35	0.6	V
漏电流		$V_{T2P}=57V, V_{RTN}=0V$			10	$\mu A$
<b>UVLO</b>						
UVLO开启电压阈值		$V_{VDD}$ 升高	36.3	38.5	40	V
UVLO关断锻压阈值		$V_{VDD}$ 降低	30.5	32.2	33.6	V
VUVLO_H	UVLO迟滞			6		V
<b>热保护</b>						
保护		$T_J \uparrow$	135	145		$^{\circ}C$
迟滞(1)				20		$^{\circ}C$
<b>偏置电流</b>						
工作电流		$40V \leq V_{VDD} \leq 57V$		310	500	$\mu A$

备注1：超出列表中极限参数可能会对芯片造成永久性损坏。极限参数为额定应力值。在超出推荐的工作条件和应力的情况下，器件可能无法正常工作，所以不推荐让器件工作在这些条件下。过度暴露在高于推荐的最大工作条件下，会影响器件的可靠性。

备注2：超出上述工作条件不能保证芯片正常工作。

备注3：参数取决于设计，批量生产制造时通过功能性测试。



### PD功能描述

AS7016AQ具有实现IEEE802.3at第二类供电器件(PD)所需的所有功能，如检测、分类、第二类硬件分类和启动期间70mA浪涌电流限制。AS7016AQ内部开关电阻部低至0.5欧姆,允许在正常工作期间通过PD的最高0.85A连续电流。AS7016AQ具有辅助电源检测(APD)输入，为外部电源适配器提供优先级。AS7016AQ具有热关断、限流折返和可靠的100 V内部开关等多种保护功能。

#### 1. APD辅助功率检测

APD引脚用于可能从以太网电缆或辅助电源供电的应用。相对于RTN的APD引脚上超过约1.5V的电压关闭内部pass MOSFET，禁用CLS输出，使能T2P输出，从而使适配器源优先于PoE。电阻分压器（RAPD1至RAPD2）为APD引脚提供系统级ESD保护，从阻断二极管释放漏电流，并提供输入电压监控，以确保在过低电压下不会切换到辅助电压源。如果不使用，请将APD连接到RTN。

#### 2. CDB转换器禁用Bar引脚接口

CDB是低电平有效输出，当器件处于浪涌限流状态时，它被拉至RTN。在其他所有时间，它都保持在高阻抗状态。此引脚为开漏输出，可能需要一个上拉电阻或与下游负载的其他接口。如果不使用CDB,则CDB可能处于打开状态。

#### 3. CLS分类

连接在CLS引脚和VSS之间的外部电阻为

PSE提供分类特征。当VDD和VSS之间的电压差介于10.9V至22V之间时，控制器在外部电阻上施加约2.5V的电压。该电阻汲取的电流与控制器的内部电流漏极以及通过内部pass MOSFET的任何泄漏相结合，形成分类电流。表1列出了IEEE802.3at定义的每个PD功率范围所需的外部电阻值。PD汲取的最大平均功率，加上提供给下游负载的功率，不应超过表1所示的最大功率。将APD保持为高电平将禁用分类签名。

如果在第一个分类周期上出现4级，则高功率PSE可以执行两个分类周期。

等级	PD最小输入功率(W)	PD最大输入功率(W)	电阻( $\Omega$ )
0	0.44	12.95	1270
1	0.44	3.84	243
2	3.84	6.49	137
3	6.49	12.95	90.9
4	12.95	25.5	63.4

表1.分级电阻选择

#### 4. DEN检测和使能

DEN引脚实现两种不同的功能。连接在VDD和DEN之间的电阻，只要VDD和VSS之间的电压差约为1.4至10.9V超过此范围，控制器断开此电阻以节省功率。IEEE 802.3at标准规定检测签名电阻RDEN为23.75k至26.25k或25k( $\pm 5\%$ ),建议RDEN使用24.9k( $\pm 1\%$ )的电阻。

#### 5. 内部导通MOSFET

RTN引脚为负载提供负电源返回路径。一旦VDD超过UVLO阈值，内部通过MOSFET将RTN拉至VSS。浪涌限制可防止RTN电流超过约75 mA，直到体电容充满电为止。当RTN电



流降至约60mA以下时，浪涌结束。RTN电流随后被限制在约1A。CDB拉低以向下游负载发出信号，表示体电容已充满电。如果RTN超过约12V，持续时间超过800us，则AS7016AQ返回浪涌限制。

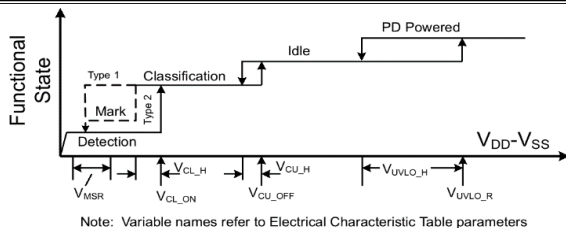
### 6. T2P2类PSE指示

只要观察到2类硬件分类或APD引脚拉高，AS7016AQ就会将T2P拉至RTN。如果器件进入热关断、通道MOSFET进入浪涌限制，或者未检测到2型PSE且APD上的电压降至阈值以下，T2P输出将返回高阻抗状态。监视2类硬件分类的电路在VDD至VSS电压差分升至分类阈值上限以上时锁存其结果。当VDD至VSS电压差分降至标记阈值以下时，该电路复位。如果不使用T2P引脚，则可以保持不连接。

T2P引脚为低电平有效开漏输出，表示有高电源可用。光耦合器可将T2P引脚与转换器副边的电路连接。推荐使用高增益光耦合器和高阻抗（例如CMOS）接收器。

### 7. 阈值电压

AS7016AQ具有多个具有迟滞的内部比较器，用于在各种状态之间稳定切换。将电气特性中的参数与PoE状态联系起来。分类和操作之间标记为Idle的模式意味着DEN、CLS和RTN引脚均为高阻抗。以虚线绘制的状态标记是新 的type 2硬件类状态机的一部分。



### 8. 检测

每当VDD-VSS低于较低分类阈值时，AS7016AQ将DEN拉至VSS。当输入电压升至VCL\_ON以上时，DEN引脚进入开漏状态以节省功耗。而在检测中，RTN是高阻抗的，几乎所有的内部电路都被禁用。24.9k(±1%)的RDEN表示正确的签名。

IEEE 802.3at的type2硬件分类协议规定type 2 PSE在分类序列期间将其输出电压降至检测范围内。在这种情况下，要求PD具有不正确的检测签名，这称为标记事件。在第一个标记事件后，AS7016AQ将呈现小于12k的识别，直到其经历低于标记复位阈值(VMSR)的V(VDDVSS)电压为止。

### 9. 浪涌和启动

IEEE 802.3at具有启动电流和时间限制，为1类PDS提供2类PSE兼容性。上电后（对PI(?)施加48 V电压），2类PSE将输出电流限制在400 mA至450 mA，最长可达75 ms，以镜像1类PSE功能。type 2 PSE支持75 ms后的更高输出电流。AS7016AQ实现75 mA浪涌电流，与所有PSE类型兼容。大功率PD必须限制其转换器启动峰值电流。工作电流在80 ms或更长时间内不能超过400 mA。这一要求隐含地要求对应用电路的某些部分进行某种形式的掉电。

### 10. 检测电阻RDEN

IEEE 802.3AT 标准规定检测签名电阻

RDEN介于23.7 k至26.3 k之间，或 $25\text{ k}\pm 5\%$ 之间。

RDEN建议使用 $24.9\text{K}(\pm 1\%)$ 的电阻。分类电阻，CLS，将一个电阻从CLS连接到VSS，根据IEEE802.3标准对分类电流进行编程。所分配的等级功率应对应于PD在工作期间汲取的最大平均功率。



### DCDC功能描述

#### 1. 系统启动

在芯片开始工作之前，AS7016AQ仅消耗典型值为10uA的启动电流，超低启动电流可以帮助增加启动电阻阻值以达到降低由直流母线流经启动电阻的电流和待机功耗的目的。当VCC电压超过开启电压（典型值16.3V），AS7016AQ开始工作并且芯片工作电流上升到2.5mA（典型值）。之后VCC电容持续为芯片供电直至输出电压建立后由辅助绕组为芯片供电。

#### 2. 原边恒压控制（PSR-CVM）

在原边控制技术中，当原边向副边传输能量时，通过采样与副边绕组耦合的辅助绕组电压，得到输出电压反馈信号。图2展示了AS7016AQ内部CV电压采样时序以及关键波形。随着副边电流的续流到零，存在着副边续流二极管导通压降 $V_F$ 的降低过程。为了通过辅助绕组获得高精确的输出电压信息，芯片内的恒压采样模块屏蔽了由于漏感导致的关断时刻的电压振荡。当恒压采样过程结束时，内部的采样保持模块记录下反馈误差并通过内部的误差运算放大器将其放大。原边恒压控制模块利用误差运算放大器的输出实现高精度的恒压输出。芯片内部恒压输出基准为高精度的3V。

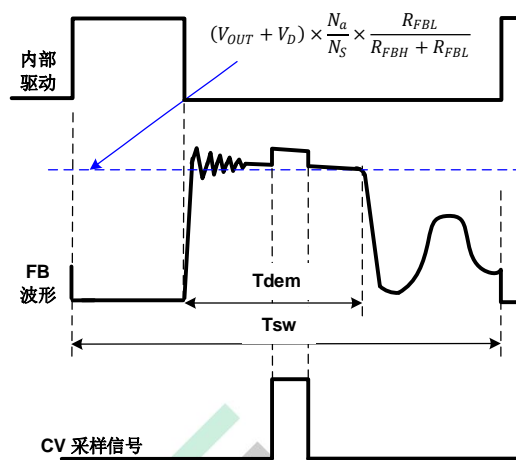


图2

在恒压采样过程中，FB电压平台的量化关系如下：

$$V_{FB} = (V_{out} + V_D) \times \frac{R_{FBL}}{(R_{FBH} + R_{FBL})} \times \frac{N_a}{N_s}$$

之而得出输出电压 $V_{out}$ 为：

$$V_{out} = V_{FB} * \frac{(R_{FBH} + R_{FBL})}{R_{FBL}} \times \frac{N_s}{N_a} - V_D$$

其中：

$V_{out}$ --输出电压；

$V_D$ --副边续流二极管导通电压；

$R_{FBL}$ 辅助绕组连接到FB管脚的下偏分压电阻；

$R_{FBH}$ --辅助绕组连接到FB管脚的上偏分压电阻；

$N_s$ --副边绕组匝数；

$N_a$ --辅助绕组匝数。

当系统进入到过载模式后，随着输出电压的降低FB电压将降低至内部输出电压基准3V以下，之后芯片也将自动进入到恒流输出模式中。

### 3. 原边恒流控制（PSR-CCM）

芯片利用FB管脚电压和CS管脚电压的时序关系，可以实现高精度的恒流输出控制。如图3所示，在恒压输出模式当系统输出功率增加且接近恒流输出控制点时，原边电感电流达到其最大值。

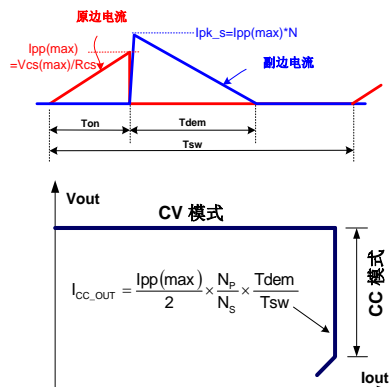


图3

如图3所示，原边电感电流、变压器匝比、副边消磁时间（Tdem）和开关周期时间（Tsw）决定了副边平均输出电流。如果忽略漏感的影响，副边平均输出电流的公式在图3所示。当输出电流达到原边恒流控制模块的输出基准时，芯片将进入调频工作模式中，无论输出电压低于恒压输出基准或者具体如何，只要VCC电压不低于其关断电压芯片将持续工作。

### 4. 多模式恒压工作

如图4所示，为了满足严苛的平均效率和待机功耗要求，AS7016AQ采用了调幅控制（AM）和调频控制（FM）结合的多模式控制技术。

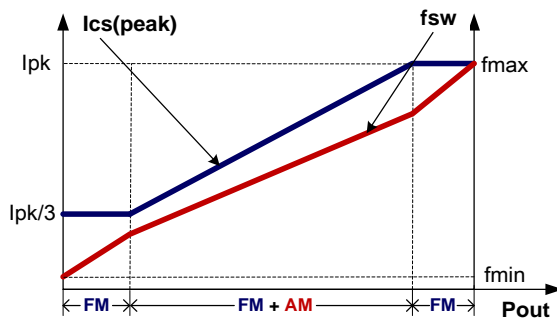


图4

接近满载输出时，系统工作在调频工作模式中；在轻重载条件下，系统工作在调频工作和调幅工作模式中；当系统接近空载输出时，系统工作在调频模式中以降低待机功耗。

### 5. 优化的动态响应

AS7016AQ优化设计的动态响应性能，可满足反激电源的要求。

### 6. 无异音工作

如上所述，在恒压输出模式中芯片采用了调频控制与调幅控制结合的多模式控制技术，同时在CS管脚有一电流源流出调节CS电压信号。利用以上技术，AS7016AQ可实现由满载到空载全程无异音工作。

### 7. VCC过压保护（OVP）和箝位

当VCC电压超过22.3V（典型值）时，芯片立即停止开关动作。之后将导致VCC下降，当VCC电压低于关断电压VCC\_OFF（典型值8.2V）时，系统将重新启动。在芯片内部设计有箝位电路以防止芯片受损。

### 8. 管脚悬空保护

AS7016AQ内部设计有管脚悬空保护电路防止系统受损。

---

**9. 软驱动**

优化了系统EMI性能。

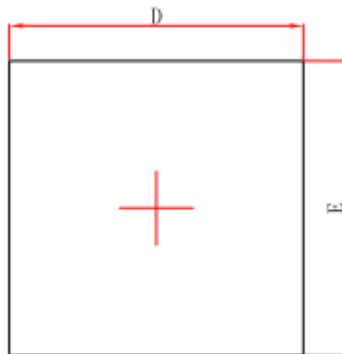
AS7016AQ设计的软驱动功能的驱动电路



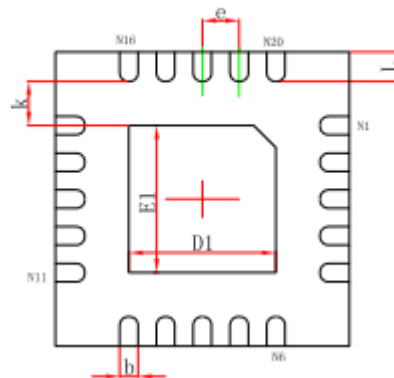
## 封装信息

QFN4\*4\_20L封装参数:

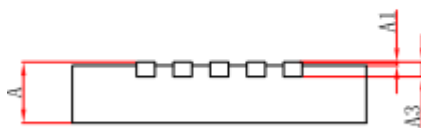
Symbol	Dimensions In Millimeters		Dimensions In Inches	
	Min.	Max.	Min.	Max.
A	0.700/0.800	0.800/0.900	0.028/0.031	0.031/0.035
A1	0.000	0.050	0.000	0.002
A3	0.203REF.		0.008REF.	
D	3.924	4.076	0.154	0.160
E	3.924	4.076	0.154	0.160
D1	1.900	2.100	0.075	0.083
E1	1.900	2.100	0.075	0.083
k	0.200MIN.		0.008MIN.	
b	0.200	0.300	0.008	0.012
e	0.500TYP.		0.020TYP.	
L	0.324	0.476	0.013	0.019



**Top View**



**Bottom View**



**Side View**



## 修订记录

日期	版本	描述
2022-10-21	1.0	首次发行
2024-4-9	1.1	更新内容描述

## 声明

众享确保以上信息准确可靠，同时保留在不发布任何通知的情况下对以上信息进行修改的权利。使用者在将众享的产品整合到任何应用的过程中，应确保不侵犯第三方知识产权；未按以上信息所规定的应用条件和参数进行使用所造成的损失，众享不负任何法律责任。