



Is Now Part of



ON Semiconductor®

To learn more about ON Semiconductor, please visit our website at
www.onsemi.com

Please note: As part of the Fairchild Semiconductor integration, some of the Fairchild orderable part numbers will need to change in order to meet ON Semiconductor's system requirements. Since the ON Semiconductor product management systems do not have the ability to manage part nomenclature that utilizes an underscore (_), the underscore (_) in the Fairchild part numbers will be changed to a dash (-). This document may contain device numbers with an underscore (_). Please check the ON Semiconductor website to verify the updated device numbers. The most current and up-to-date ordering information can be found at www.onsemi.com. Please email any questions regarding the system integration to Fairchild_questions@onsemi.com.

ON Semiconductor and the ON Semiconductor logo are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba ON Semiconductor or its subsidiaries in the United States and/or other countries. ON Semiconductor owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of ON Semiconductor's product/patent coverage may be accessed at www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf. ON Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. ON Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does ON Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. Buyer is responsible for its products and applications using ON Semiconductor products, including compliance with all laws, regulations and safety requirements or standards, regardless of any support or applications information provided by ON Semiconductor. "Typical" parameters which may be provided in ON Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. ON Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. ON Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as a critical component in life support systems or any FDA Class 3 medical devices or medical devices with a same or similar classification in a foreign jurisdiction or any devices intended for implantation in the human body. Should Buyer purchase or use ON Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold ON Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that ON Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part. ON Semiconductor is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.



FAN6224

用于反激式和正激续流整流的同步整流控制器

特性

- mWSaver™ 技术：
 - 内部绿色模式用于阻止 SR 开关，以实现更低的无负载功耗
 - 300 μ A 超低绿色模式工作电流
- 同步整流控制器
- 适合 QR、DCM 和 CCM 工作模式下的反激式变换器高端和低端整流
- 适合前向续流整流
- 带次级端绕组电压检测的 PWM 频率追踪
- 140 kHz 最大工作频率
- V_{DD} 引脚过压保护 (OVP)
- LPC 引脚开路/短路保护
- RES 引脚开路/短路保护
- RP 引脚开路/短路保护
- 内部过温保护 (OTP)
- 采用 SOP-8 封装

应用

- AC-DC NB 适配器
- 开架式 SMPS

说明

FAN6224 是一款用于驱动 SR MOSFET 的次级端同步整流 (SR) 控制器，可提高效率。此 IC 适合反激式变换器和正向续流整流。

FAN6224 可应用于连续或非连续导通模式 (CCM 和 DCM) 和基于专利的线性预测时序控制技术的准谐振 (QR) 反激式转换器。该技术的优势包括控制方法简单，无需电流感测电路便可实现抗噪能力。

通过使用 PWM 频率跟踪和次级端绕组电压检测，FAN6224 能在高达 140 kHz 的定频系统和变频系统中运行。

FAN6224 检测输出负载条件并确定可调绿色模式负载大小。在绿色模式下，SR 控制器停止所有 SR 开关运行，以降低工作电流。轻负载条件下，功耗维持在最低水平。

订购信息

部件编号	工作温度范围	封装	包装方法
FAN6224M	-40°C 至 +105°C	8 引脚小尺寸封装 (SOP-8)	卷带和卷盘

典型应用电路图

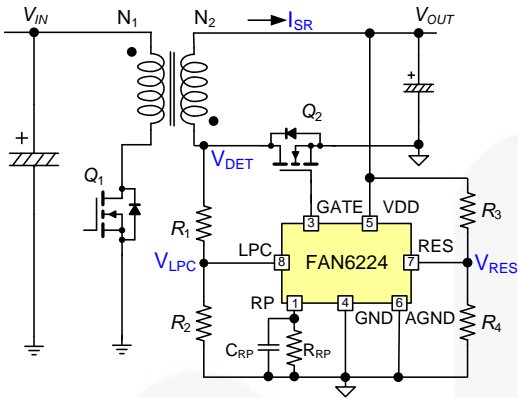


图 1. 反激式低侧 SR

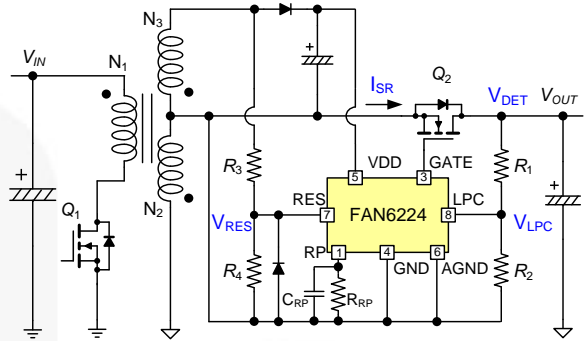


图 2. 反激式高侧 SR

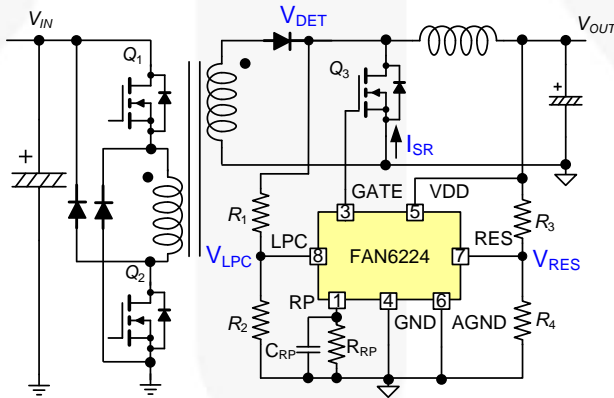


图 3. 正向续流整流

内部框图

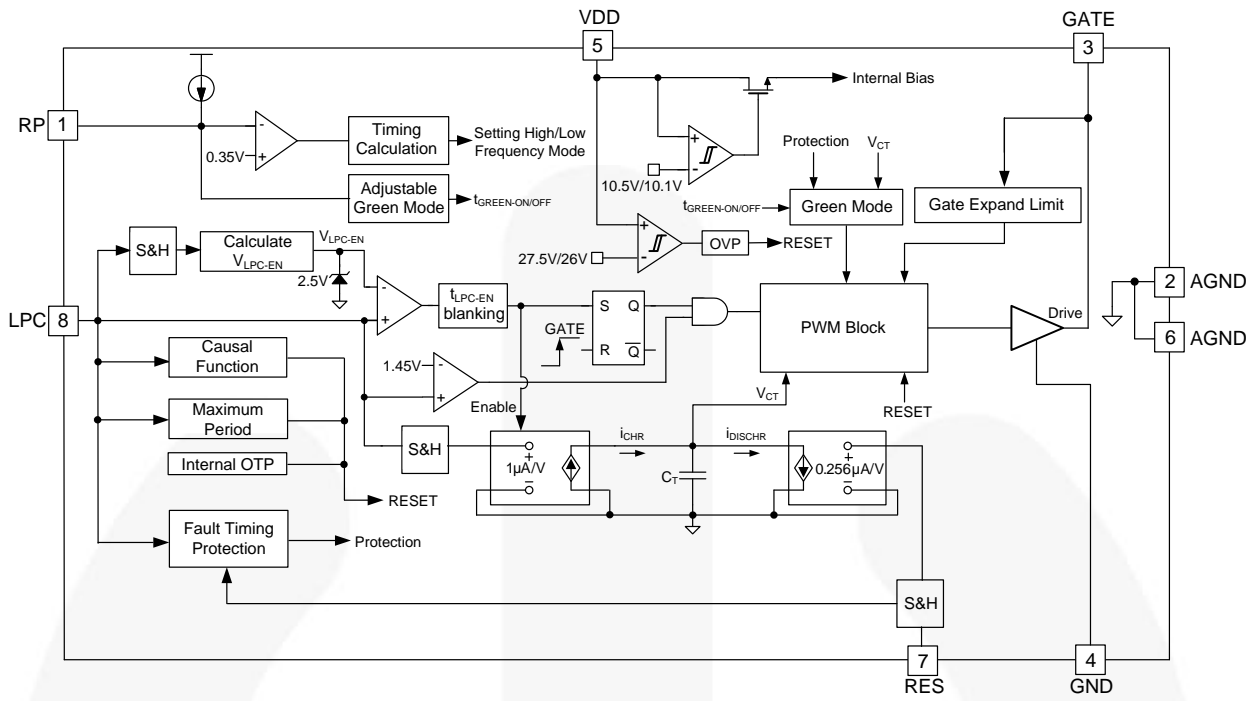
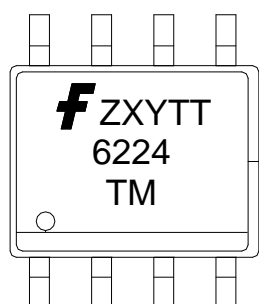


图 4. 框图

标识信息



f: 飞兆 LOGO
Z: 工厂编码
X: 年份代码
Y: 星期代码
TT: 晶圆编码
T: 封装类型 (M = SOP)
M: 制造流程编码

图 5. 顶标

引脚配置

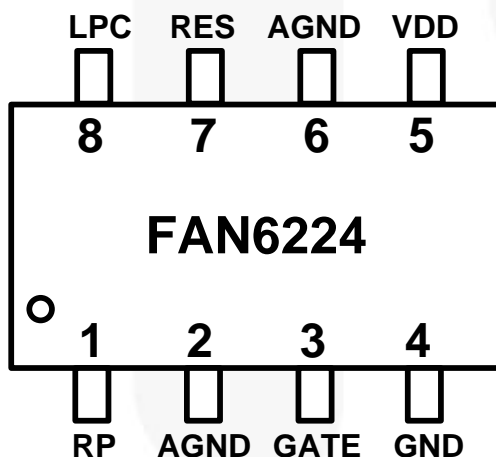


图 6. 引脚配置

引脚定义

引脚号	名称	说明
1	RP	可编程。 与电容并联的电阻从外部连接至 RP 引脚和参考地。进入/退出绿色模式的时序可由电阻编程，而工作频率范围可由电容编程。
2, 6	AGND	信号地。
3	栅极	驱动器输出。 用于驱动功率 MOSFET 的图腾柱输出驱动器。
4	GND	接地。 MOSFET 源极连接。
5	VDD	电源。 启动和关断的阈值电压分别为 10.5 V 和 10.1 V。
7	RES	线性预测复位控制。 RES 引脚用于检测通过分压器的输出电压电平。内部电流源 I_{DISCHR} 由 RES 引脚上的此电压电平调制。
8	LPC	绕组检测。 此引脚用于检测初级栅极导通时间内的绕组电压。

绝对最大额定值

应力超过绝对最大额定值，可能会损坏器件。在超出推荐的工作条件的情况下，该器件可能无法正常工作，所以不建议让器件在这些条件下长期工作。此外，长期在高于推荐的工作条件下工作，会影响器件的可靠性。绝对最大额定值仅是应力规格值。

符号	参数		最小值	最大值	单位
V _{DD}	电源电压 (DC)			30	V
V _{LPC}	LPC 引脚上的电压 (T _A =25°C)		-0.3	7.0	V
V _{RES}	RES 引脚上的电压 (持续在 -0.5 V) (T _A =25°C)		-1.5	7.0	V
V _{RP}	RP 引脚上的电压 (T _A =25°C)		-0.3	7.0	V
P _D	功耗 (T _A =25°C)			0.8	W
Θ _{JA}	热阻 (结到空气)			151	°C/W
Θ _{JC}	热阻 (结到外壳)			58	°C/W
T _{STG}	存储温度范围		-55	150	°C
T _L	引脚温度 (焊接) 10 s			260	°C
ESD	静电放电能力	人体放电模型, JESD22-A114		5500	V
		元件充电模型, JESD22-C101		2000	

注意:

- 若压力超过绝对最大额定值中所列的数值，可能会给器件造成不可修复的损坏。
- 测得的所有电压，除差模电压之外，都参照 GND 引脚。

推荐工作条件

推荐的操作条件表明了器件的真实工作条件。指定推荐的工作条件，以确保器件的最佳性能达到数据表中的规格。飞兆半导体建议不要超过推荐工作条件，也不能按照绝对最大额定值进行设计。

符号	参数	条件	最小值	最大值	单位
V _{LPC}	LPC 引脚上的电压	持续操作		4.8	V
V _{RES}	RES 引脚上的电压			4.8	V
V _{RP}	RP 引脚上的电压		0.5	2.5	V

电气特性

否则 $V_{DD}=15\text{ V}$ 和 $T_A=25^\circ\text{C}$ ，除非另有说明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{OP}	连续工作电压		V_{DD-OFF}		V_{DD-OVP}	V
V_{DD-ON}	导通阈值电压		9.5	10.5	11.5	V
V_{DD-OFF}	关断阈值电压		9.1	10.1	11.1	V
$V_{DD-HYST}$	导通/关断阈值的滞回电压		0.1		0.7	V
I_{DD-OP}	工作电流	$V_{DD}=15\text{ V}$, $LPC=65\text{ kHz}$, $C_L=6000\text{ pF}$		7	8	mA
$I_{DD-GREEN}$	绿色模式下的工作电流	$V_{DD}=15\text{ V}$		300	400	μA
V_{DD-OVP}	V_{DD} 过电压保护		26.0	27.5	29.0	V
$V_{DD-OVP-HYST}$	V_{DD} OVP 的滞回电压		1.1	1.5	1.9	V
$t_{VDD-OVP}$	V_{DD} OVP 去抖时间 ⁽³⁾			100		μs
内部 SR Mosfet 的输出驱动器部分						
V_Z	最大输出电压 (箝位)		10	12	14	V
V_{OL}	输出低电平	$V_{DD}=12\text{ V}$, $I_O=50\text{ mA}$			0.5	V
V_{OH}	输出高电平	$V_{DD}=12\text{ V}$, $I_O=50\text{ mA}$	9			V
t_R	上升时间	$V_{DD}=12\text{ V}$, $C_L=6\text{ nF}$, $GATE=2\text{ V} \sim 9\text{ V}$	30	70	120	ns
t_F	下降时间	$V_{DD}=12\text{ V}$, $C_L=6\text{ nF}$, $GATE=9\text{ V} \sim 2\text{ V}$	20	50	100	ns
$t_{PD-HIGH-LPC}$	到栅极高电平的传播延迟 (LPC 触发)	$t_R:0\% \sim 10\%$, $V_{DD}=12\text{ V}$		150	250	ns
$t_{PD-LOW-LPC}$	到栅极低电平的传播延迟 (LPC 触发) ⁽³⁾	$t_F:100\% \sim 90\%$, $V_{DD}=12\text{ V}$		150		ns
$t_{MAX-PERIOD}$	LPC 上升沿至栅极下降沿之间的限制	$f_s=65\text{ kHz}$	24.0	29.5	35.0	μs
		$f_s=140\text{ kHz}$	12.5	15.5	18.5	
LPC 部分						
t_{Bnk}	充电 C_T ⁽³⁾ 的消隐时间			150		ns
$t_{LPC-SMP}$	LPC 先前周期的采样时序	$f_s=65\text{ kHz}$, $R_{RP}=75\text{ k}\Omega \sim 200\text{ k}\Omega$, $C_{RP}=100\text{ nF}$	0.9	1.1	1.3	μs
		$f_s=140\text{ kHz}$, $R_{RP}=75\text{ k}\Omega \sim 200\text{ k}\Omega$, $C_{RP}=1\text{ nF}$	0.5	0.6	0.7	μs
$V_{LPC-SOURCE}$	箝位电压下限	源 $I_{LPC}=10\text{ }\mu\text{A}$	0	0.1	0.2	V
$V_{LPC-HIGH-EN}$	LPC 使能 SR 的阈值电压	$V_{LPC-HIGH} > V_{LPC-HIGH-EN}$, SR 使能	1.38	1.45	1.54	V
$V_{EN-CLAMP}$	SR 使能阈值箝位电压 ⁽³⁾	$V_{LPC-EN} = 2.5\text{ V}$ ($V_{LPC-HIGH} > 3\text{ V}$)		2.5		V
$V_{LPC-TH-HIGH}$	LPC 上升沿上的阈值电压 ⁽³⁾			1.22		V
$V_{LPC-CLAMP-H}$	V_{LPC} 高箝位电压	$V_{LPC} > V_{LPC-CLAMP-H}$	5.7	6.2	6.7	V
$V_{LPC-DIS}$	V_{LPC} 禁用 SR 栅极开关的阈值电压	$V_{LPC} > V_{LPC-DIS}$	4.8		5.5	V
$t_{LPC-EN-RES}$	无 LPC 信号, 复位 V_{LPC-EN} ⁽³⁾			95		μs

接下页

电气特性 (续)

否则 $V_{DD}=15\text{ V}$ 和 $T_A=25^\circ\text{C}$, 除非另有说明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
RES 部分						
$t_{\text{RES-SMP}}$	V_{RES} 采样时间 ⁽³⁾	$t_{\text{SR_gate}}=5\ \mu\text{s}$		2.5		μs
$V_{\text{RES-EN}}$	V_{RES} 使能 SR 栅极开关的阈值电压	$V_{\text{RES}}>V_{\text{RES-EN}}$	1.3	1.6	2.0	V
$V_{\text{RES-CLAMP-H}}$	V_{RES} 高箝位电压	$V_{\text{RES}}>V_{\text{RES-CLAMP-H}}$	5.7	6.2	6.7	V
$K_{\text{RES-DROP}}$	V_{RES} 下降保护比 ⁽³⁾	$V_{\text{RES}}[n+1]<V_{\text{RES}}[n] \times K_{\text{RES-DROP}}$		85		%
$V_{\text{RES-SOURCE}}$	V_{RES} 低箝位电压	$I_{\text{RES}}=10\ \mu\text{A}, V_{\text{DD}}=15\ \text{V}$	0	0.2	0.4	V
线性预测部分						
比率 LPC	V_{LPC} 至 I_{LPC} ⁽³⁾ 的传输比			1		$\mu\text{A/V}$
比率 RES	V_{RES} 至 I_{RES} ⁽³⁾ 的传输比			0.256		$\mu\text{A/V}$
比例 LPC-RES	比率 LPC /比率 RES	$V_{\text{RES}}=3\ \text{V}, V_{\text{LPC}}=3\ \text{V}, C_{\text{RP}}=100\ \text{nF}$	3.65	3.90	4.15	
$t_{\text{LPC-EN}}$	V_{LPC} 的去抖时间 $>V_{\text{LPC-EN}}$ $V_{\text{EN}}=0.875 \times V_{\text{LPC-HIGH}}$	$f_s=65\ \text{kHz}, R_{\text{RP}}=75\ \text{k}\Omega\sim 200\ \text{k}\Omega,$ $C_{\text{RP}}=100\ \text{nF}$	0.9	1.1	1.3	μs
		$f_s=140\ \text{kHz}, R_{\text{RP}}=75\ \text{k}\Omega\sim 200\ \text{k}\Omega,$ $C_{\text{RP}}=1\ \text{nF}$	0.5	0.6	0.7	
比率 SR-LMT	SR 栅极导通时间的最大比率 ⁽³⁾	比率 $\text{SR-LMT} < t_{\text{ON-SR}}[n+1]/t_{\text{ON-SR}}[n]$		120		%
$t_{\text{LPC-EXP-LMT}}$	LPC 脉冲宽度扩展限制	$t_{\text{LPC-EXP-LMT}} < t_{\text{LPC}}[n+1] - t_{\text{LPC}}[n]$	0.5	0.7	0.9	μs
$t_{\text{LPC-SRK-LMT}}$	LPC 脉冲宽度收缩限制	$t_{\text{LPC-SRK-LMT}} < t_{\text{LPC}}[n] - t_{\text{LPC}}[n+1]$	0.6	0.8	1.0	μs
绿色模式部分						
$t_{\text{GREEN-OFF}}$	退出绿色模式的 SR 栅极导通时间	$R_{\text{RP}}=200\ \text{k}\Omega, C_{\text{RP}}=100\ \text{nF}$	5.5	5.9	6.3	μs
		$R_{\text{RP}}=75\ \text{k}\Omega, C_{\text{RP}}=1\ \text{nF}$	3.0	3.3	3.6	
$t_{\text{GREEN-ON}}$	进入绿色模式的 SR 栅极导通时间	$R_{\text{RP}}=200\ \text{k}\Omega, C_{\text{RP}}=100\ \text{nF}$	4.0	4.4	4.8	μs
		$R_{\text{RP}}=75\ \text{k}\Omega, C_{\text{RP}}=1\ \text{nF}$	1.6	1.9	2.2	
$t_{\text{GREEN-HYST(65kHz)}}$	$t_{\text{GREEN-ON}}/t_{\text{GREEN-OFF}}$ 阈值的滞回电压 ⁽³⁾	$R_{\text{RP}}=200\ \text{k}\Omega, C_{\text{RP}}=100\ \text{nF}$		1.5		μs
$t_{\text{GREEN-HYST(140kHz)}}$	$t_{\text{GREEN-ON}}/t_{\text{GREEN-OFF}}$ 阈值的滞回电压 ⁽³⁾	$R_{\text{RP}}=75\ \text{k}\Omega, C_{\text{RP}}=1\ \text{nF}$		1.4		μs
$n_{\text{GREEN-OFF}}$	退出绿色模式的开关周期数 ⁽³⁾	SR 栅极导通时间 $> t_{\text{GREEN-OFF}}$		15		次
$n_{\text{GREEN-ON}}$	进入绿色模式的开关周期数 ⁽³⁾	SR 栅极导通时间 $< t_{\text{GREEN-ON}}$		3		次
$V_{\text{RP-OPEN}}$	用于 RP 引脚上拉高电平保护的阈值电压		3.0	3.5	4.0	V
$V_{\text{RP-SHORT}}$	用于 RP 引脚上拉低电平保护的阈值电压		0.30	0.35	0.40	V
$t_{\text{GREEN-ENTER}}$	无进入绿色模式的栅极信号 ⁽³⁾			75		μs

接下页

电气特性

否则 $V_{DD}=15\text{ V}$ 和 $T_A=25^\circ\text{C}$ ，除非另有说明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
工作频率设置部分						
V_{CRP-TH}	用于高/低频率确定的阈值电压 ⁽³⁾	为更高工作频率设置 $V_{RP} > V_{CRP-th}$		0.35		V
t_{CRP-TH}	用于高/低频率确定的去抖时间 ⁽³⁾			170		μs
$I_{RP-SOURCE}$	RP 引脚源电流		8.5	9.5	10.5	μA
因果功能部分						
$t_{DEAD-CAUSAL}$	由因果功能导致的 SR 关断死区时间	$f_S=65\text{ kHz}$, ($R_{RP}=75\text{ k}\Omega\sim 200\text{ k}\Omega$, $C_{RP}=100\text{ nF}$)	480	680	880	ns
		$f_S=140\text{ kHz}$, ($R_{RP}=75\text{ k}\Omega\sim 200\text{ k}\Omega$, $C_{RP}=1\text{ nF}$)	350	500	650	ns
$t_{CAUSAL-FAULT}$	如果 $t_{S-PWM}(n+1) > t_{CAUSAL} \times t_{S-PWM}(n)$, SR 停止开关操作并进入绿色模式	$f_S=65\text{ kHz}$ 至 140 kHz	130	150	170	%
t_{CAUSAL_LEAVE}	(假定 SR 触发故障因果保护功能) 如果 LPC 在 t_{CAUSAL_LEAVE} 期间两次上升并且 $V_{LPC-HIGH}$ 之前的导通时间比 t_{LPC-EN} 长, 则 SR 退出故障因果保护功能 ⁽³⁾			5.3		μs
$t_{DEAD-CFR}$	一旦触发 CFR, SR 即终止并强制 SR 进入绿色模式 (上次从 SR 栅极下降至 LPC 上升) ⁽³⁾	因果功能调节器 (CFR)		70		ns
内部过温保护 (OTP)						
T_{OTP}	内部 OTP 的阈值温度 ⁽³⁾			140		$^\circ\text{C}$
$T_{OTP-HYST}$	内部 OTP 的滞环温度 ⁽³⁾			20		$^\circ\text{C}$

说明:

- 由设计保证

典型性能特征

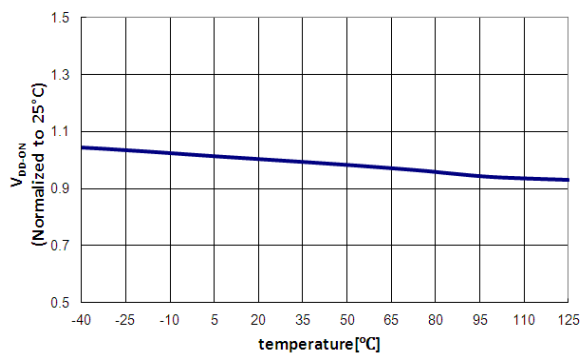


图 7. V_{DD-ON} 与温度的关系

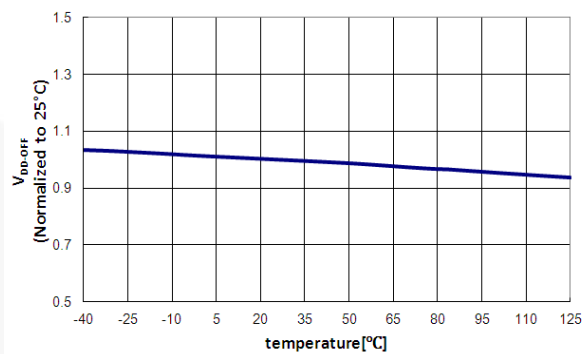


图 8. V_{DD-OFF} 与温度的关系

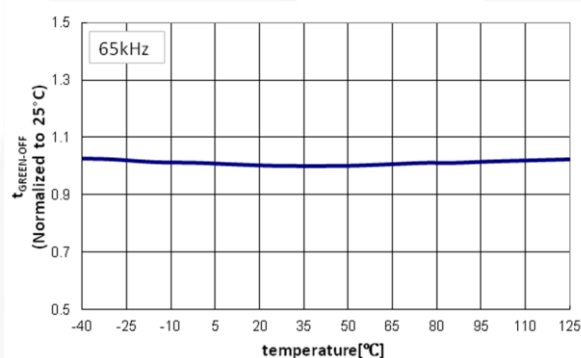


图 9. $t_{GREEN-OFF}$ 与温度的关系

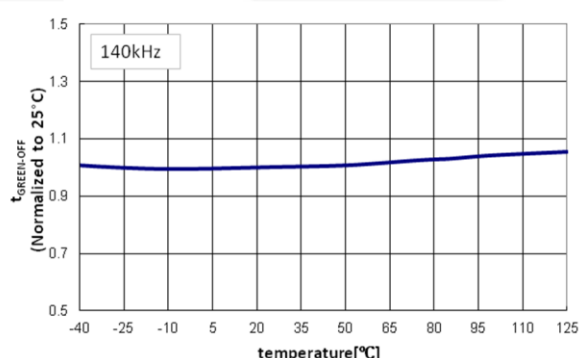


图 10. $t_{GREEN-OFF}$ 与温度的关系

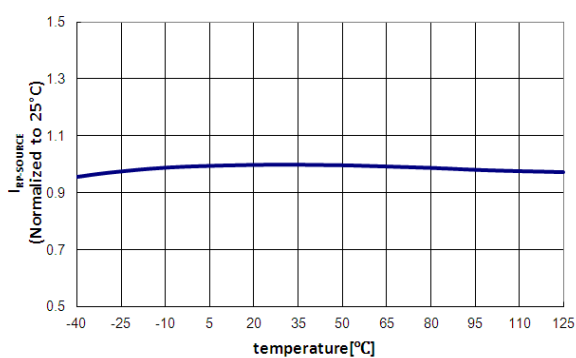


图 11. $I_{RP-SOURCE}$ 与温度的关系

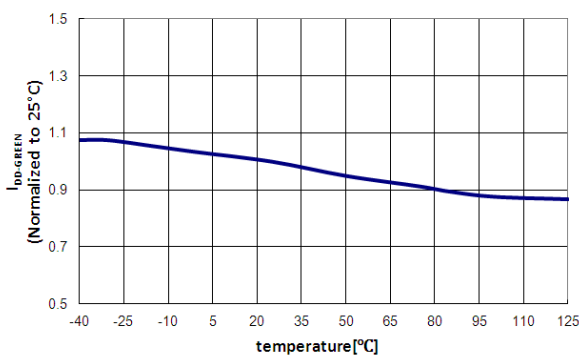


图 12. $I_{DD-GREEN}$ 与温度的关系

典型性能特性 (接上页)

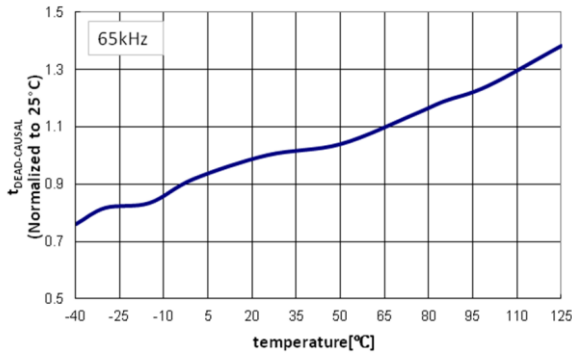


图 13. $t_{\text{DEAD-CAUSAL}}$ 与温度的关系

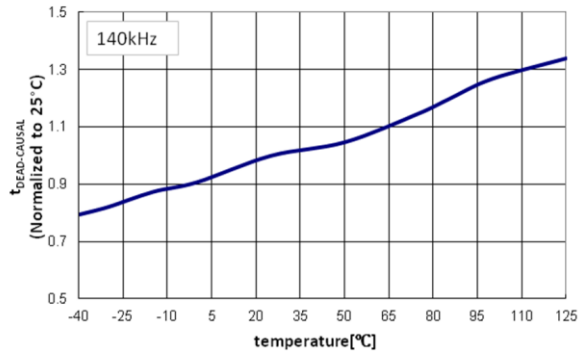


图 14. $t_{\text{DEAD-CAUSAL}}$ 与温度的关系

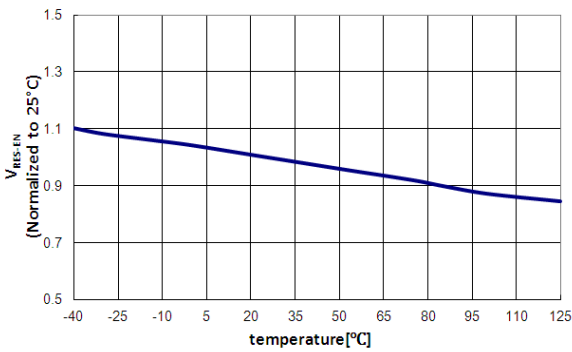


图 15. $V_{\text{RES-EN}}$ 与温度的关系

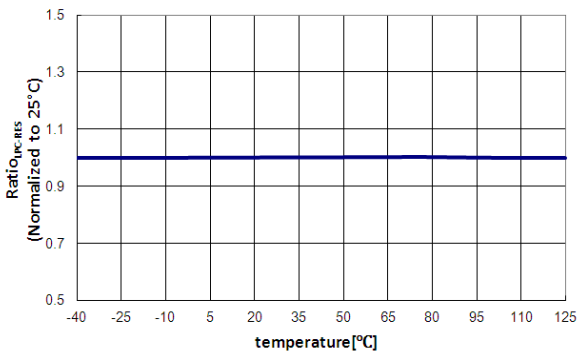


图 16. 比率 LPC-RES 与温度的关系

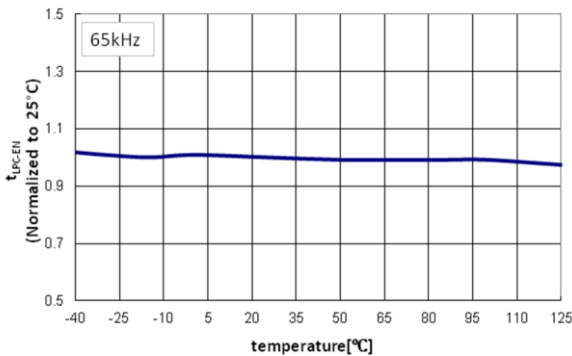


图 17. $t_{\text{LPC-EN}}$ 与温度的关系

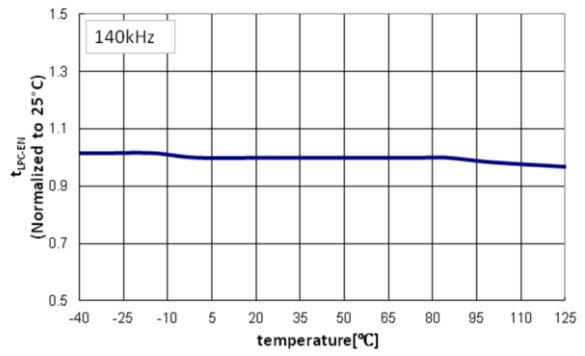


图 18. $t_{\text{LPC-EN}}$ 与温度的关系

典型性能特征 (接上页)

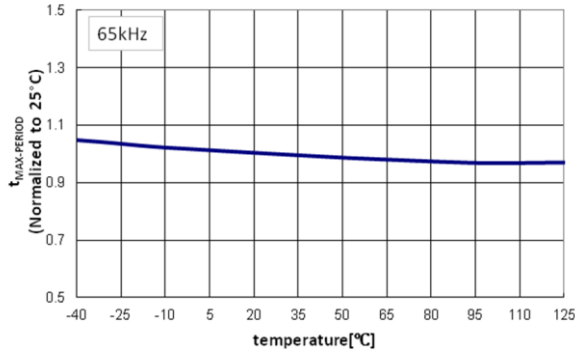


图 19. t_{MAX-PERIOD} 与温度的关系

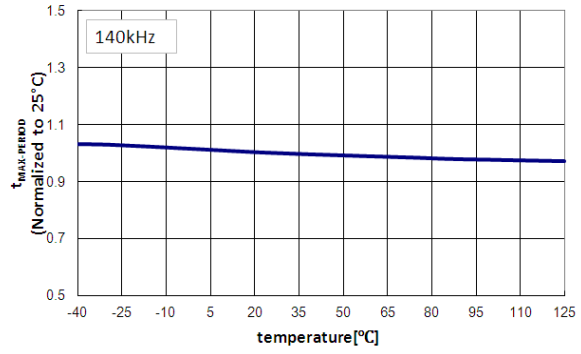


图 20. t_{MAX-PERIOD} 与温度的关系

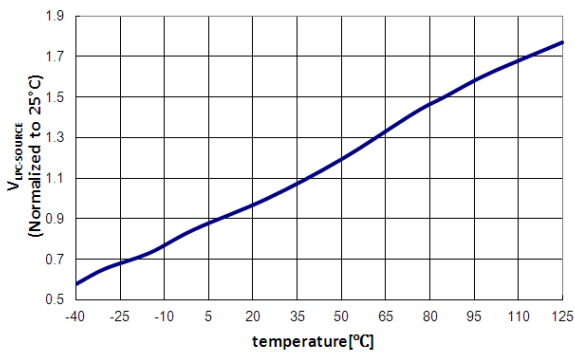


图 21. V_{LPC-SOURCE} 与温度的关系

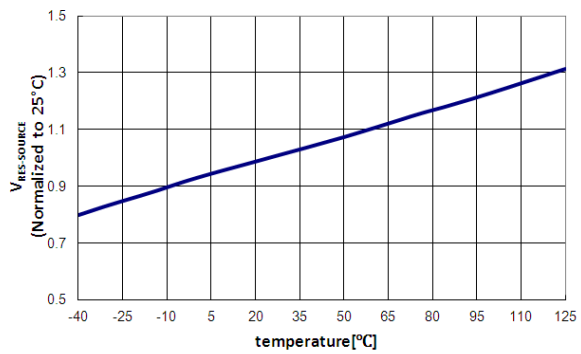


图 22. V_{RES-SOURCE} 与温度的关系

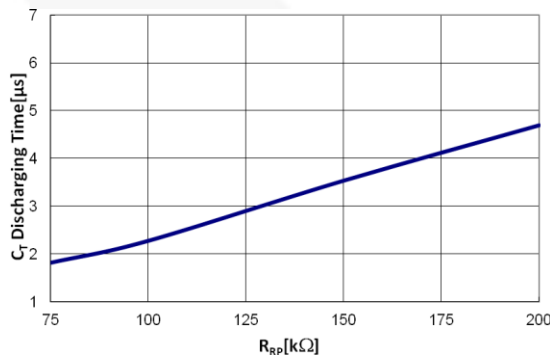


图 23. t_{GREEN-ON} 与 R_{RP}

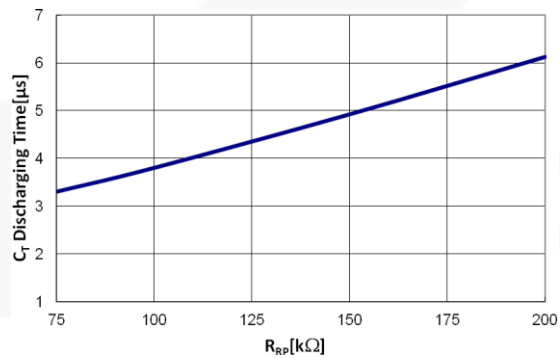


图 24. t_{GREEN-OFF} 与 R_{RP}

功能说明

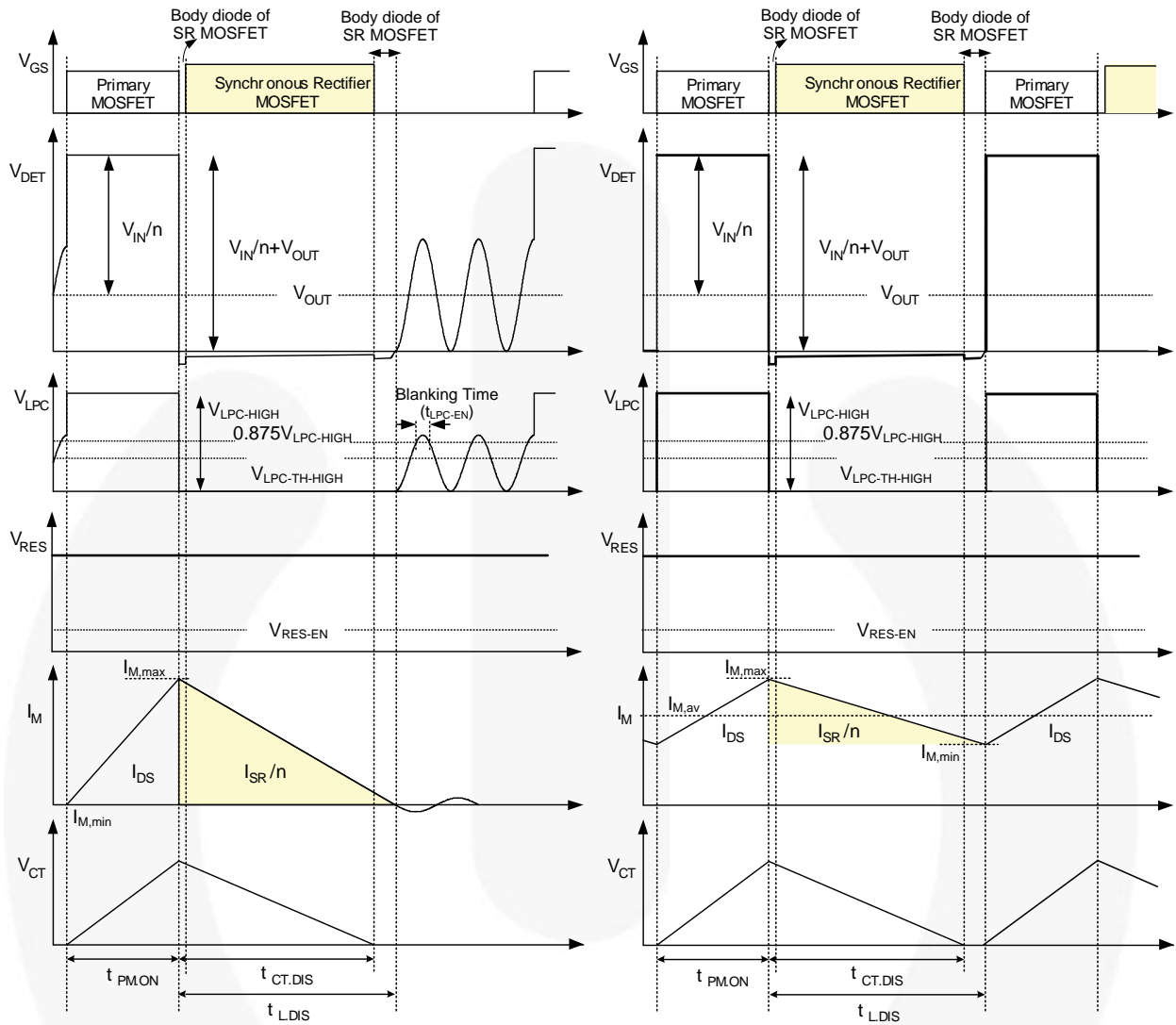


图 25. 适用于低侧应用的 CCM 和 DCM/QR 反激式中线性预测时序控制的波形

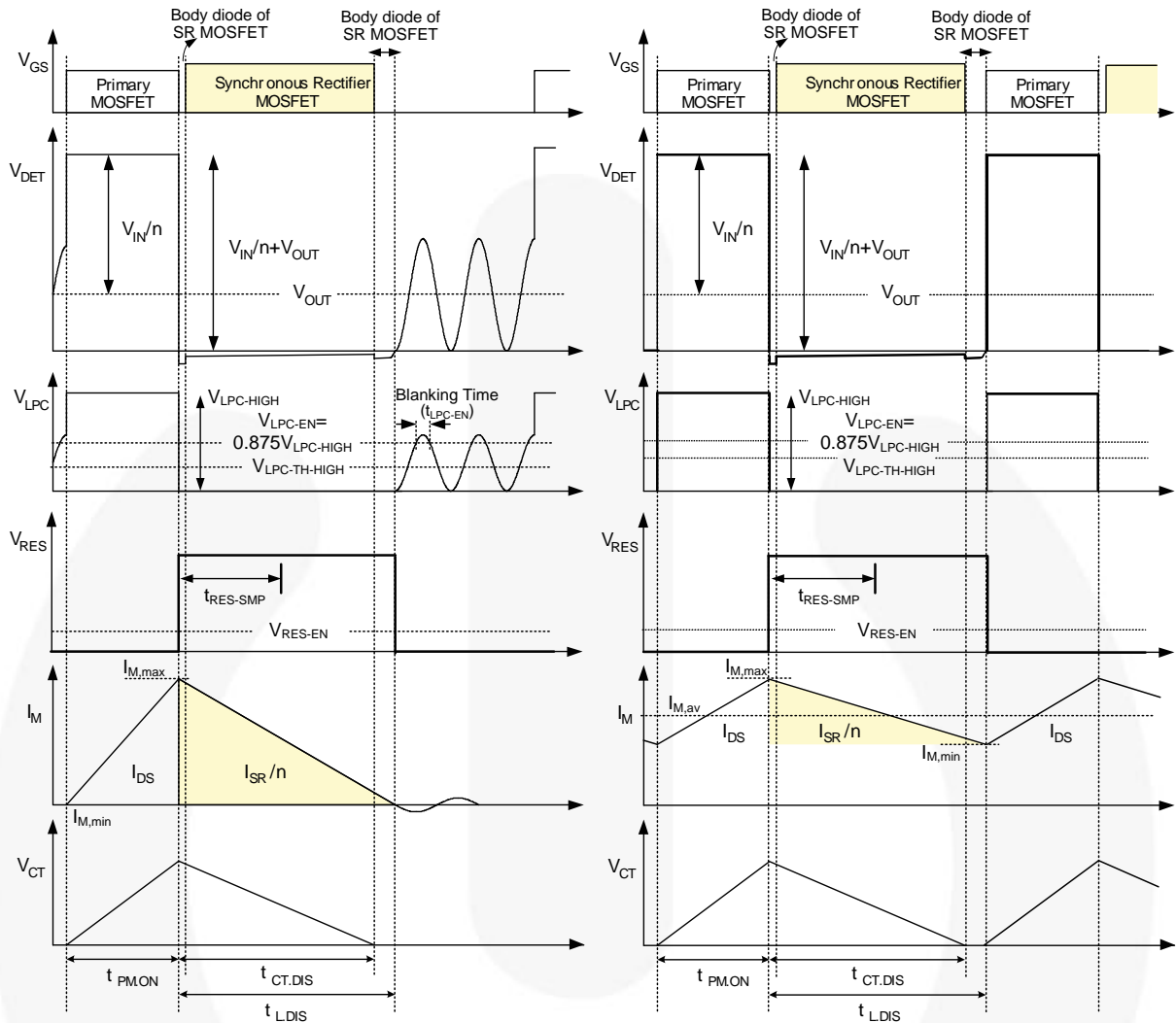


图 26. 适用于高侧应用的 CCM 和 DCM/QR 反激式中线性预测时序控制的波形

线性预测时序控制

SR MOSFET 关断时序由线性预测时序控制确定，并且工作原理基于伏秒平衡定理，该定理说明：稳态情况下开关周期中的电感平均电压为零，因此充电电压和充电时间的乘积等于放电电压和放电时间的乘积。在反激式转换器中，励磁电感的充电电压为输入电压 (V_{IN})，而放电电压为反映输出电压 (nV_{OUT})，如图 25 中所示的典型波形。可得出下列等式：

$$V_{IN} \cdot t_{PM,ON} = n \cdot V_{OUT} \cdot t_{L,DIS} \quad (1)$$

其中 $t_{PM,ON}$ 是电感充电时间； $t_{L,DIS}$ 是电感放电时间； n 是初级端绕组的匝数 (N_1) 与次级端绕组的匝数 (N_2) 之比。

FAN6224 使用具有两组分压器的 LPC 和 RES 引脚以分别感测 DET 电压 (V_{DET}) 和输出电压 (V_{OUT})；因此可获得 V_{IN}/n 、 $t_{PM,ON}$ 和 V_{OUT} 。由此可知， $t_{L,DIS}$ (SR MOSFET 导通时间) 可根据等式 1 预测。如图 25 所示，当 SR MOSFET 体二极管开始导通且 DET 电压下降至零时，SR MOSFET 会导通。通过线性预测时序控制可关断 SR MOSFET。

电路实现

线性预测时序控制电路使用内部时序电容 (C_T) 生成反激式转换器励磁电流的副本 (V_{CT})，如图 27 所示。使用内部电容电压，可间接检测电感放电时间 ($t_{L,DIS}$)，如图 25 所示。当 C_T 放电至零时，SR 控制器关断 SR MOSFET。

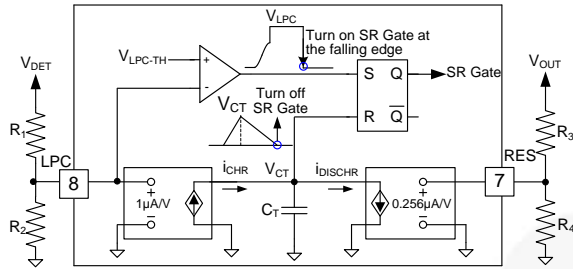


图 27. 简化的线性预测块

反激式转换器的初级端电感的伏秒平衡等式在等式 (1) 中给出。电感电流放电时间由下式给出：

$$t_{L.DIS} = \frac{V_{IN} \cdot t_{PM.ON}}{n \cdot V_{OUT}} \quad (2)$$

RES 和 LPC 之间的分压比如下定义为 K：

$$K = \frac{R_4 / (R_3 + R_4)}{R_2 / (R_1 + R_2)} \quad (3)$$

在 $t_{PM.ON}$ 期间， C_T 的充电电流为 $i_{CHR} - i_{DICH}$ ，而在 $t_{L.DIS}$ 期间，放电电流为 i_{DICH} 。因此，内部时序电容的电流秒平衡等式 (C_T) 可由下式获得：

$$\left(\frac{3.9}{K} \cdot \left(\frac{V_{IN}}{n} + V_{OUT} \right) - V_{OUT} \right) \cdot t_{PM.ON} = V_{OUT} \cdot t_{CT.DIS} \quad (4)$$

因此， C_T 的放电时间由下式给出：

$$t_{CT.DIS} = \frac{\left(\frac{3.9}{K} \cdot \left(\frac{V_{IN}}{n} + V_{OUT} \right) - V_{OUT} \right) \cdot t_{PM.ON}}{V_{OUT}} \quad (5)$$

当 LPC 和 RES (K) 之间的分压比为 3.9 时， C_T ($t_{CT.DIS}$) 的放电时间与电感电流放电时间相同 ($t_{L.DIS}$)。但是，考虑到分压电阻和内部电路的容差，分压比 (K) 应大于 3.9，以保证 $t_{CT.DIS}$ 短于 $t_{L.DIS}$ 。通常将 K 设为约 4.0~4.5。

参考图 25，当 LPC 电压在一段消隐时间 ($t_{LPC.EN}$) 后高于 $V_{LPC.EN}$ ，并低于 $V_{LPC.TH-HIGH}$ (1.22 V)，则可触发 SR MOSFET。因此， $V_{LPC.EN}$ 必须大于 $V_{LPC.TH-HIGH}$ ，否则 SR MOSFET 无法导通。因此，在设计 LPC 的分压器时，考虑到容差， R_1 和 R_2 应满足等式：

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot \left(\frac{V_{IN.MIN}}{n} + V_{OUT} \right) > 1.54 \quad (6)$$

另一方面，也有一个供 RES 引脚使能 SR 开关的阈值电压 $V_{RES.EN}$ ，因此 R_3 和 R_4 必须满足：

$$\frac{R_3}{R_3 + R_4} \cdot V_{OUT} > 2 \quad (7)$$

此外，考虑到线性工作范围，LPC 和 RES 电压应在 4.8 V 以下，因此：

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot \left(\frac{V_{IN.MAX}}{n} + V_{OUT} \right) < 4.8 \quad (8)$$

$$\frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot V_{OUT} < 4.8 \quad (9)$$

对于高侧应用，如图 2 所示，额外辅助绕组 (N_3) 用于为控制器提供电压。为检测输出电压，RES 引脚通过一组分压器连接至辅助绕组。如图 26 所示，当 SR MOSFET 或其体二极管传导时， V_{RES} 与 V_{OUT} 成正比。因此， V_{OUT} 的信息在初级端 MOSFET 关断后在 $t_{RES-SMP}$ 采样。因此，等式 (4) 可重新表达为：

$$\left(\frac{3.9}{K \cdot n'} \cdot \left(\frac{V_{IN}}{n} + V_{OUT} \right) - V_{OUT} \right) \cdot t_{PM.ON} = V_{OUT} \cdot t_{CT.DIS} \quad (10)$$

其中 n 是辅助绕组 (N_3) 与次级绕组 (N_2) 的匝数比。

C_T 的放电时间可由下式获得：

$$t_{CT.DIS} = \frac{\left(\frac{3.9}{K \cdot n'} \cdot \left(\frac{V_{IN}}{n} + V_{OUT} \right) - V_{OUT} \right) \cdot t_{PM.ON}}{V_{OUT}} \quad (11)$$

因此，当分压比 (K) 和匝数比 (n') 产品为 3.9 时；放电时间 $t_{CT.DIS}$ 与电感电流放电时间 $t_{L.DIS}$ 相同。为保证 $t_{CT.DIS}$ 比 $t_{L.DIS}$ 短，K 和 n' 产品应大于 3.9。通常将此产品设为约 4.0~4.5。在设计 LPC 的分压器时，考虑事项与低侧应用相同，这意味着必须满足线性工作范围等式 (6) 和 (8)。但是，在确定 RES 的分压器时，请注意必须考虑匝数比 n' ，因此等式 (7) 和 (9) 可做如下修改：

$$\frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot n' \cdot V_{OUT} > 2 \quad (12)$$

$$\frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot n' \cdot V_{OUT} < 4.8 \quad (13)$$

CCM 工作

处于稳态的 CCM 操作的典型波形如图 25 和图 26 的右侧所示。当初级端 MOSFET 导通时，能量存储在 L_m 中。在初级端 MOSFET 的导通时间内 ($t_{PM,ON}$)，励磁电流 (I_m) 从 $I_{m,min}$ 至 $I_{m,max}$ 呈线性增大。同时，内部时序电容 (C_T) 由与 V_{IN} 成正比的电流源 ($i_{CHR} \cdot i_{DICH}$) 充电，因此 V_{CT} 也呈线性增大。

当初级端 MOSFET 关断时，存储在 L_m 中的能量释放到输出中。在电感放电时间 ($t_{L,DIS}$) 内，励磁电流 (I_m) 从 $I_{m,max}$ 至 $I_{m,min}$ 呈线性减小。同时，内部时序电容 (C_T) 由与 V_{OUT} 成正比的电流源 (i_{DISCHR}) 放电，因此 V_{CT} 也呈线性减小。为保证 SR 正常操作，务必在 SR 电流达到 $I_{m,min}$ 之前关断 SR MOSFET，使 SR MOSFET 的体二极管自然关断。

DCM/QR 工作

在 DCM/QR 工作时，当初级端 MOSFET 关断时，存储在 L_m 中的能量在初级端 MOSFET 的关断时序完全释放到输出中。因此，DET 电压持续谐振直至初级端 MOSFET 导通，如图 25 中所述。在 DET 电压谐振时，DET 电压和 LPC 电压由谐振降至零，这可触发 SR MOSFET 导通。为避免 DCM 工作中 SR MOSFET 的故障触发，对 LPC 电压引入了消隐时间。即使 LPC 电压降至低于 $V_{LPC-TH-HIGH}$ ，SR MOSFET 也不会导通，除非 LPC 电压保持高于 $0.875 V_{LPC-HIGH}$ 持续较消隐时间 (t_{LPC-EN}) 更长的时间。一旦 SR MOSFET 关断，SR MOSFET 的导通时序即被栅极抑制时间 ($t_{INHIBIT}$) 抑制，以避免故障触发。

mWSaver™ 技术

绿色模式工作

为最小化轻负载条件下的功耗，在负载降低时禁用 SR 电路。如图 28 所示，电感和内部时序电容的放电时间随负载降低而缩短。如果内部时序电容 ($t_{CT,DIS}$) 的放电时间短于 $t_{GREEN-ON}$ 超过三个周期，则 SR 电路进入绿色模式。一旦 FAN6224 进入绿色模式，SR MOSFET 即停止开关操作并且主要内部模块关断以进一步减小 SR 控制器的工作电流。在绿色模式中，工作电流减至 $300 \mu A$ 。这使电源能够达到严格的节电要求。当内部电容的放电时间比 $t_{GREEN-OFF}$ 长超过 15 个周期时，将使能 SR 电路并恢复正常操作，如图 29 所示。

为增强设计灵活性， $t_{GREEN-ON}$ 和 $t_{GREEN-OFF}$ 可通过 R_P 引脚的外部电阻在一定范围内调节。如图 30 所示，较大的 R_{RP} 电阻与较长的 $t_{GREEN-ON}$ 和 $t_{GREEN-OFF}$ 相对应，反之亦然。因此，通过设置 R_{RP} 的不同电阻，进入和退出绿色模式的负载可调。

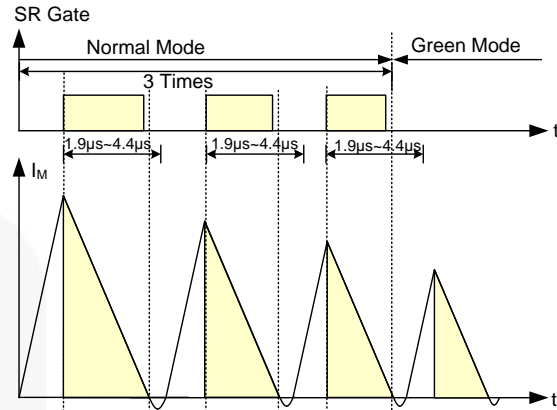


图 28. 进入绿色模式

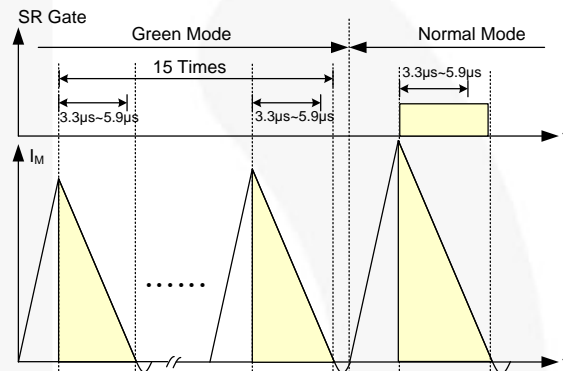


图 29. 恢复正常操作

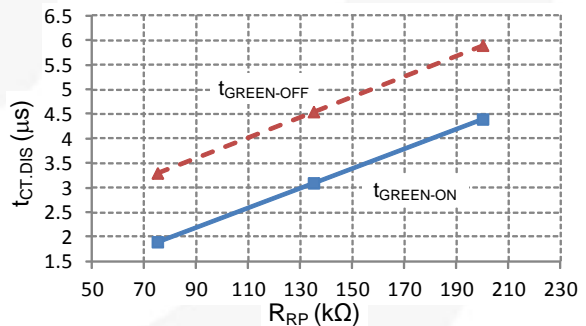


图 30. 可调 $t_{GREEN-ON}$ 和 $t_{GREEN-OFF}$

选择工作频率

对于不同的工作频率范围，SR 控制器的内部参数应不同以优化信号处理。RP 引脚 (C_{RP}) 的电容用于确定 SR 控制器的工作频率范围。对于低开关频率系统 (<100 kHz)，建议 C_{RP} 为 10 nF；对于高开关频率系统 (100 k~140 kHz)，建议 C_{RP} 为 1 nF。

因果函数

因果功能用于限制从 V_{LPC} 的上升沿到 SR 栅极的下降沿的时间间隔 (t_{SR-MAX})。如图 31 所示， t_{SR-MAX} 限制为之前的开关周期 (t_{S-PWM}) 减去死区时间，如 $t_{DEAD-CAUSAL}$ 。当系统在固定频率下工作时，不管伏秒平衡定理是否适用，因果功能均可保证可靠操作。

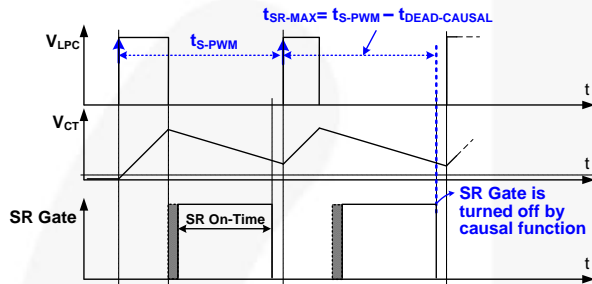


图 31. 因果功能操作

故障因果时序保护

故障因果时序保护用于禁用一些异常条件下的 SR 栅极。一旦开关周期 ($t_{S-PWM}[n]$) 比之前开关周期 ($t_{S-PWM}[n-1]$) 的 150% 更长，即禁用 SR 栅极并进入绿色模式，如图 32 所示。由于跟踪了开关周期 (t_{S-PWM}) 中 V_{LPC} 的上升沿的因果函数，因此开关周期的准确度非常重要。因此，如果检测到的开关周期有重大变化，将终止 SR 栅极以避免故障触发。

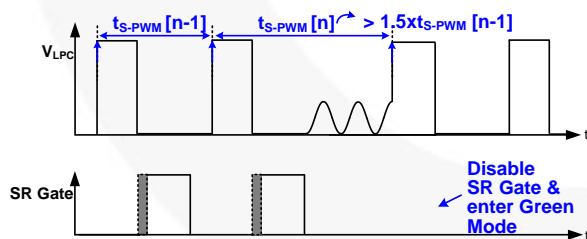


图 32. 故障因果时序保护

栅极扩展限制保护

栅极扩展限制保护控制 SR MOSFET 的导通时间扩展。一旦内部时序电容 (t_{DIS-CT}) 的放电时间长于 SR MOSFET ($t_{on-SR}[n-1]$) 之前导通时间的 120%， $t_{on-SR}[n]$ 即限制为 $t_{on-SR}[n-1]$ 的 120%，如图 33 所示。如果输出负载从轻到重快速变化，则可能不应用伏秒平衡定理。在这种瞬态下，将激活栅极扩展限制保护以避免 SR 栅极和 PWM 栅极之间交叠。

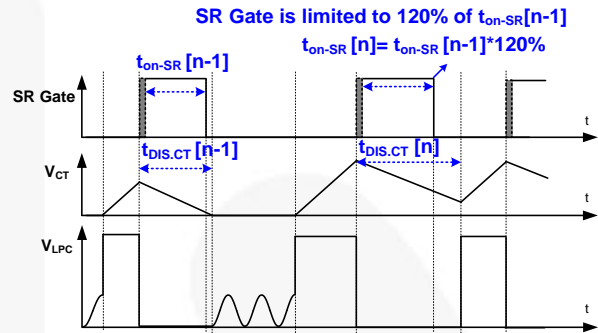


图 33. 栅极扩展限制保护

RES 下降保护

RES 下降保护可防止 V_{RES} 在一个周期内下降得太快。 V_{RES} 作为 V_{LPC} 上升沿上的参考电压 V_{RES}' 采样。一旦 V_{RES} 降至 V_{RES}' 的 85% 以下，即会立即关断 SR 栅极，如图 34 所示。如果输出电压在一个开关周期内快速下降，则伏秒平衡可能不适用；将激活 RES 下降保护以避免交叠。

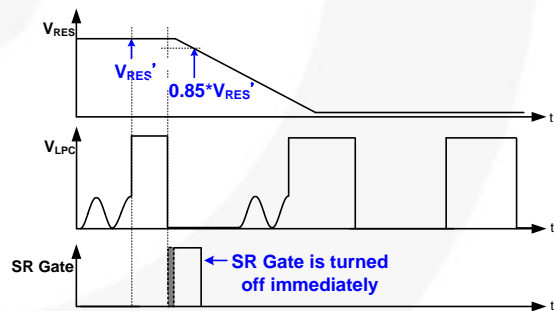
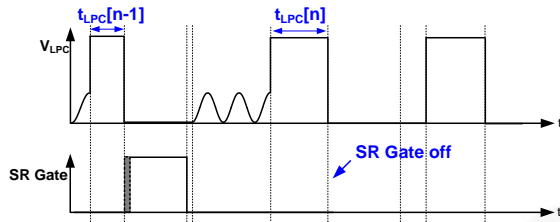
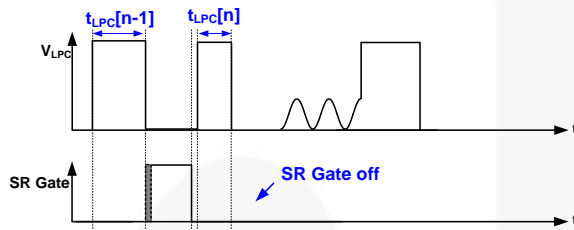


图 34. V_{RES} 下降保护

LPC 宽度扩展/收缩保护

LPC 宽度扩展和收缩保护用于在一些异常条件下禁用 SR MOSFET 开关操作。如图 35 所示，一旦 LPC 脉冲宽度 ($t_{LPC}[n]$) 比 $t_{LPC-EXP-LMT}$ 之前的周期 ($t_{LPC}[n-1]$) 长，即会触发 LPC 宽度扩展保护并立即终止 SR MOSFET 开关操作。图 36 显示 LPC 宽度收缩保护的时序图。一旦 $t_{LPC}[n]$ 比 $t_{LPC}[n-1]$ 短，也会立即关断 SR MOSFET 开关操作。

图 35. V_{LPC} 宽度扩展保护图 36. V_{LPC} 宽度收缩保护

超时保护

通常来说，正常状态下 PWM 控制器的最小工作频率超过 65 kHz (65 ~ 140 kHz)。在 FAN6224 中，有两个超时保护，强制 SR 控制器进入绿色模式。如图 37 上面部分所示，第一个保护用于 LPC 脉冲（LPC 下降沿到上升沿）之间的时间超过 95 us 时。通常当初级端控制器在突发模式运行时也会触发该保护。为了尽可能地减小功耗，FAN6224 在这种状况下进入绿色模式。当 LCP 分压器工作异常时也会触发该绿色模式。

另一种状况是从 SR 关断到 SR 导通的时间超过 75 us，如图 37 所示下面部分所示。当初级端 PWM 控制器在轻载条件下进入突发模式运行时会发生这种状况。

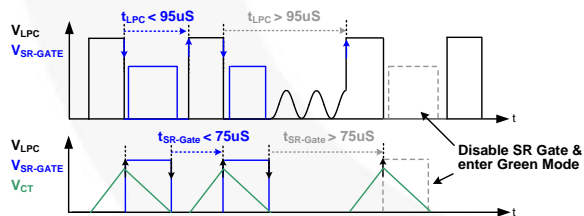


图 37. 超时保护

LPC 引脚开路/短路保护

LPC 开路保护：如果 V_{LPC} 高于 $V_{LPC-DIS}$ 超过去抖时间 $t_{LPC-HIGH}$ ，FAN6224 将立即停止开关操作并进入绿色模式。 V_{LPC} 在 6.2 V 箝位以避免 LPC 引脚损坏。

LPC 短路保护：如果 V_{LPC} 拉至地并且时序电容 (C_T) 的充电电流接近零，则 SR 栅极不是输出。

RES 引脚开路/短路保护

RES 开路保护：如果 V_{RES} 拉至高电平，则栅极信号极小且 FAN6224 进入绿色模式。此外， V_{RES} 在 6.2 V 箝位以避免 RES 引脚损坏。

RES 短路保护：如果 V_{RES} 低于 V_{RES-EN} (1.6 V)，则 FAN6224 立即停止开关操作并进入绿色模式。

欠压锁定 (UVLO)

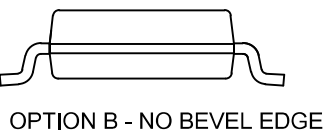
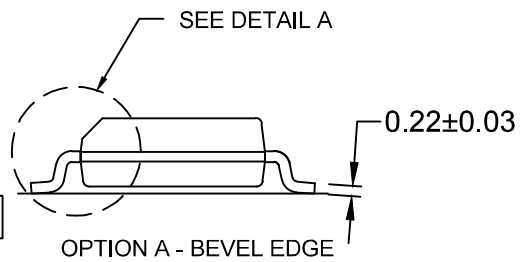
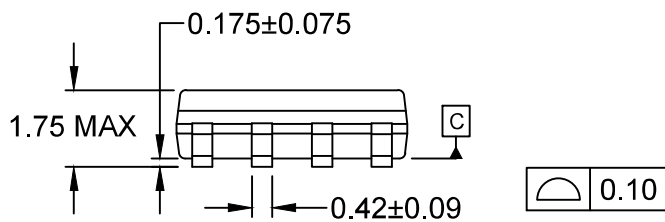
功率 ON 和 OFF V_{DD} 阈值电压分别固定在 10.5 V 和 10.1 V。FAN6224 可用于各种输出电压应用中。

V_{DD} 引脚过压保护 (OVP)

过压情况通常由开路反馈环路导致。 V_{DD} 过压保护可避免损坏 SR MOSFET。当 V_{DD} 引脚上的电压超过 27.5 V 时，SR 控制器停止开关 SR MOSFET。

过温保护 (OTP)

为避免 SR 栅极在高温下发生故障触发，在 FAN6224 中集成了内部过温保护功能。如果温度超过 140°C，SR 栅极将禁用直至温度降至 120°C 以下。



NOTES:

- A) THIS PACKAGE CONFORMS TO JEDEC MS-012, VARIATION AA.
- B) ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
- C) DIMENSIONS DO NOT INCLUDE MOLD FLASH OR BURRS.
- D) LANDPATTERN STANDARD: SOIC127P600X175-8M
- E) DRAWING FILENAME: M08Arev16



ON Semiconductor and  are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba ON Semiconductor or its subsidiaries in the United States and/or other countries. ON Semiconductor owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of ON Semiconductor's product/patent coverage may be accessed at www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf. ON Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products herein. ON Semiconductor makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does ON Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. Buyer is responsible for its products and applications using ON Semiconductor products, including compliance with all laws, regulations and safety requirements or standards, regardless of any support or applications information provided by ON Semiconductor. "Typical" parameters which may be provided in ON Semiconductor data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. ON Semiconductor does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. ON Semiconductor products are not designed, intended, or authorized for use as a critical component in life support systems or any FDA Class 3 medical devices or medical devices with a same or similar classification in a foreign jurisdiction or any devices intended for implantation in the human body. Should Buyer purchase or use ON Semiconductor products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold ON Semiconductor and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that ON Semiconductor was negligent regarding the design or manufacture of the part. ON Semiconductor is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
19521 E. 32nd Pkwy, Aurora, Colorado 80011 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free
USA/Canada
Europe, Middle East and Africa Technical Support:
Phone: 421 33 790 2910
Japan Customer Focus Center
Phone: 81-3-5817-1050

ON Semiconductor Website: www.onsemi.com
Order Literature: <http://www.onsemi.com/orderlit>
For additional information, please contact your local
Sales Representative