

用于LCD监视器/TV供电的
低成本、多输出电源

概述

MAX8728为电视和监视器中的薄膜晶体管(TFT)液晶显示屏(LCD)提供所需的各种电源电压。该器件包括了降压和升压调节器、正/负电荷泵和一个双模逻辑控制高压开关模块。MAX8728工作在7V至13.2V输入电压范围,适用于直接由12V供电的LCD TV显示屏和LCD监视器。

升压、降压调节器具有内部功率MOSFET,工作在高频模式,因而可使用小尺寸电感和电容,构成紧凑的解决方案。这两个开关调节器均采用固定频率、电流模式控制结构,能够实现快速负载瞬态响应,便于补偿。正、负电荷泵调节器提供TFT栅极驱动电压,通过外部电阻分压器调节两个输出电压。

MAX8728采用小尺寸(5mm x 5mm)、超薄(0.8mm)、32引脚TQFN封装,工作在-40°C至+85°C温度范围。

应用

LCD监视器

LCD TV

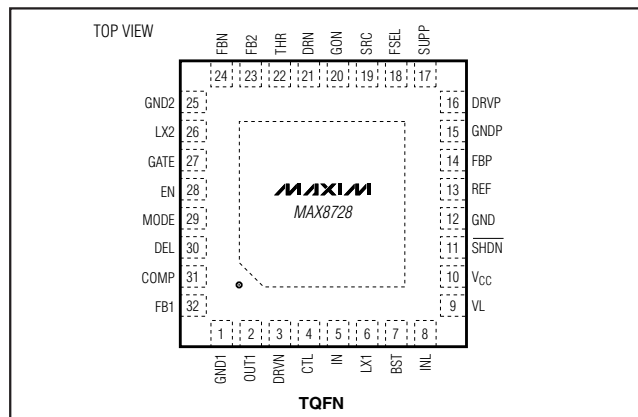
订购信息

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE	PACKAGE CODE
MAX8728ETJ+	-40°C to +85°C	32 TQFN-EP* 5mm x 5mm	T3255-4

+表示无铅封装。

*EP = 裸焊盘。

引脚配置

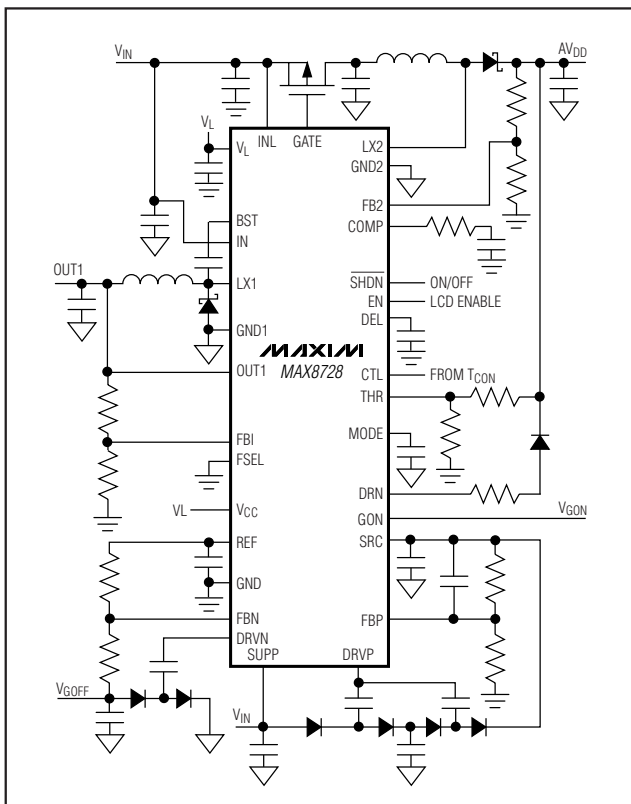


True Shutdown是Maxim Integrated Products, Inc. 的商标。

特性

- ◆ 针对10.8V至13.2V输入电源进行优化
- ◆ 7V至13.2V的输入范围
- ◆ 可选择工作频率(500kHz/1MHz/1.5MHz)
- ◆ 电流模式降压调节器
 - 内置14V n沟道MOSFET
 - 1.5%的输出精度
- ◆ 电流模式升压调节器
 - 内置19V n沟道MOSFET
 - 1%的输出精度
 - True Shutdown™ (输出至0)
- ◆ 180°异相开关控制
- ◆ 可调节的正/负电荷泵
- ◆ 针对所有输出提供软启动和故障定时锁存
- ◆ 逻辑控制的高压开关
- ◆ 上电和断电排序
- ◆ 热过载保护

简化工作电路



用于LCD监视器/TV供电的 低成本、多输出电源

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

IN, INL, SUPP to GND-0.3V to +14V
 SUPP to IN±0.3V
 DRVP to GNDP-0.3V to $V_{SUPP} + 0.3V$
 CTL, EN, SHDN, OUT1, V_L , V_{CC} to GND-0.3V to +6V
 COMP, FB1, FB2, FBN, FBP, FSEL, DEL,
 THR, MODE, REF to GND-0.3V to $V_{CC} + 0.3V$
 GND1, GND2, GNDP to GND±0.3V
 BST to GND1-0.3V to +20V
 LX1 to BST-6V to +0.3V
 LX2 to GND2-0.3V to +19V
 DRVN, LX1, GATE to GND1-0.3V to $V_{IN} + 0.3V$
 GON, SRC to GND-0.3V to +40V
 SRC to GON-0.3V to +40V
 SRC to SUPP-0.3V to +30V
 SRC to SUPP (momentary)-14V to +30V
 GON to SUPP-14V to +30V

SRC to DRN-0.3V to +40V
 DRN to GND-0.3V to +40V
 GON to DRN-0.3V to +30V
 V_L Short Circuit to GNDMomentary
 REF Short Circuit to GNDContinuous
 DRVN RMS Current-400mA
 DRVP RMS Current+100mA
 LX2 RMS Current+1.6A
 GND2 RMS Current+1.6A
 LX1 RMS Current-1.6A
 Continuous Power Dissipation ($T_A = +70^\circ\text{C}$)
 32-Pin Thin QFN (derate 34.5mW/ $^\circ\text{C}$ above $+70^\circ\text{C}$)2758mW
 Operating Temperature Range-40 $^\circ\text{C}$ to +85 $^\circ\text{C}$
 Junction Temperature+150 $^\circ\text{C}$
 Storage Temperature Range-65 $^\circ\text{C}$ to +160 $^\circ\text{C}$
 Lead Temperature (soldering, 10s)+300 $^\circ\text{C}$

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Circuit of Figure 1, $V_{IN} = V_{INL} = V_{SUPP} = 12V$, $V_{OUT1} = +3.3V$, $V_{SRC} = 28V$, $GND1 = GND2 = GNDP = GND = 0$, $I_{REF} = 0$, $T_A = 0^\circ\text{C}$ to +85 $^\circ\text{C}$. Typical values are at $T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
GENERAL					
IN, INL Input Voltage Range	For V_L regulator operation	7.0	12.0	13.2	V
INL Quiescent Current	$V_{FB2} = V_{FBP} = 2.2V$, $V_{FBN} = 0$, LX2 not switching, LX1 switching		7		mA
IN Standby Supply Current	$V_{IN} = 7V$ to 13.2V, $EN = \overline{SHDN} = GND$			0.5	mA
Switching Frequency	FSEL = GND	1275	1500	1730	kHz
	FSEL = V_{CC}	850	1000	1150	
	FSEL = REF	425	530	610	
Phase Difference Between Step-Down/Positive and Step-Up/Negative Regulators			180		Degrees
VL REGULATOR					
VL Output Voltage	$7V < V_{INL} < 13.2V$, $V_{FB1} = V_{FB2} = V_{FBP} = 1.9V$, $V_{FBN} = 0.5V$, $I_{VL} = 25mA$	4.8	5.0	5.1	V
VL Undervoltage Lockout Threshold	VL rising, 2.5% hysteresis	3.8	4.0	4.1	V
REFERENCE					
REF Output Voltage	No external load	1.98	2.00	2.02	V
REF Load Regulation	$0 < I_{REF} < 50\mu A$			10	mV
REF Sink Current	REF in regulation	0		10	μA
REF Undervoltage Lockout Threshold	Rising edge, 200mV hysteresis		1.5		V

用于LCD监视器/TV供电的 低成本、多输出电源

MAX8728

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(Circuit of Figure 1, $V_{IN} = V_{INL} = V_{SUPP} = 12V$, $V_{OUT1} = +3.3V$, $V_{SRC} = 28V$, $GND1 = GND2 = GNDP = GND = 0$, $I_{REF} = 0$, $T_A = 0^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$. Typical values are at $T_A = +25^{\circ}C$, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
STEP-DOWN REGULATOR					
OUT1 Voltage in Fixed Mode	$V_{IN} = 7.0V$ to $13.2V$, $EN = V_{CC}$, $I_{LOAD} = 0.5A$ (Note 1)	3.25	3.30	3.35	V
FB1 Regulation Voltage in Adjustable Modes	20% to 35% duty cycle, $EN = V_{CC}$, $I_{LOAD} = 0.5A$ (Note 1)	1.97	2.00	2.03	V
FB1 Adjustable Mode Threshold Voltage		0.10	0.15	0.20	V
Output Voltage Adjust Range		2.0		3.6	V
Step-Down Regulator Fault Trip Level	Fixed mode, OUT1 falling		2.640		V
	Adjustable mode, FB1 falling	1.536	1.600	1.664	
FB1 Input Leakage Current	$V_{FB1} = 2.1V$	-100		+100	nA
Low-Frequency Operation OUT1 Threshold	LX1 only		1.3		V
Low-Frequency Operation Switching Frequency	LX1 only	FSEL = GND	250		kHz
		FSEL = V_{CC}	167		
		FSEL = REF	83		
DC Load Regulation	$0 < I_{OUT1} < 2A$, $EN = V_{CC}$		0.5		%
DC Line Regulation	$7V < V_{IN} < 13.2V$, $EN = V_{CC}$		0.1		%/V
LX1-to-IN Switch On-Resistance			200	300	m Ω
LX1-to-GND1 Switch On-Resistance		10	22	40	Ω
Positive Current Limit		2.5	2.8	3.1	A
Skip Mode I_{MAX} Threshold	$EN = GND$	0.50	0.60	0.75	A
Soft-Start Ramp Time			1.7		ms
Maximum Duty Cycle		70	77	85	%
STEP-UP REGULATOR					
Output Voltage Range		V_{IN}		17	V
Maximum Duty Cycle		65	75	85	%
Minimum On-Time			65	100	ns
FB2 Regulation Voltage	$FB2 = COMP$, $C_{COMP} = 1nF$	1.98	2.00	2.02	V
FB2 Fault Trip Level	Falling edge	1.728	1.800	1.872	V
FB2 Load Regulation	$0 < I_{AVDD} < full$, transient only		-1		%
FB2 Line Regulation	$V_{IN} = 10.8V$ to $13.2V$		0.08	0.15	%/V
FB2 Input Bias Current	$V_{FB2} = 2V$	-150		+150	nA
FB2 Transconductance	$\Delta I = \pm 2.5\mu A$ at COMP, $FB2 = COMP$	75	160	280	μS
FB2 Voltage Gain	$FB2$ to COMP		700		V/V
LX2 Leakage Current	$V_{FB2} = 2.1V$, $V_{LX2} = 13V$		4	40	μA
LX2 Current Limit	$V_{FB2} = 1.8V$, duty cycle is 25%	1.2	1.5	1.8	A

用于LCD监视器/TV供电的 低成本、多输出电源

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(Circuit of Figure 1, $V_{IN} = V_{INL} = V_{SUPP} = 12V$, $V_{OUT1} = +3.3V$, $V_{SRC} = 28V$, $GND1 = GND2 = GNDP = GND = 0$, $I_{REF} = 0$, $T_A = 0^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$. Typical values are at $T_A = +25^{\circ}C$, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Current-Sense Transresistance		0.6	1.2	1.8	V/A
LX2 On-Resistance			0.5	1.0	Ω
Soft-Start Period			3		ms
POSITIVE CHARGE-PUMP REGULATOR					
FBP Regulation Voltage		1.98	2.00	2.02	V
FBP Line Regulation Error	$V_{IN} = V_{SUPP} = 10.8V$ to $13.2V$			6	mV
FBP Input Bias Current	$V_{FBP} = 2.1V$	-50		+50	nA
DRVP p-Channel MOSFET On-Resistance			4		Ω
DRVP n-Channel MOSFET On-Resistance			1		Ω
FBP Fault Trip Level	Falling edge	1.536	1.600	1.664	V
Positive Charge-Pump Soft-Start Period			3		ms
NEGATIVE CHARGE-PUMP REGULATOR					
FBN Regulation Voltage	$V_{REF} - V_{FBN}$	1.727	1.750	1.773	V
FBN Input Bias Current	$V_{FBN} = 250mV$	-50		+50	nA
FBN Line Regulation	$V_{IN} = 10.8V$ to $13.2V$			6	mV
DRVN p-Channel MOSFET On-Resistance			4		Ω
DRVN n-Channel MOSFET On-Resistance			1		Ω
FBN Fault Trip Level	Rising edge		600		mV
Negative Charge-Pump Soft-Start Period			3		ms
SEQUENCE CONTROL					
$\overline{SHDN}$ Input Low Voltage				0.4	V
$\overline{SHDN}$ Input High Voltage		2			V
$\overline{SHDN}$ Input Current				1	μA
EN Charge Current	During startup, $V_{EN} = 1.0V$	4	5	6	μA
EN Turn-On Threshold		0.95	1.00	1.05	V
DEL Capacitor Charge Current	During startup, $V_{DEL} = 1.0V$	4	5	6	μA
DEL Turn-On Threshold		0.95	1.00	1.05	V
GATE Output Sink Current	EN = high, GATE = IN	8	11	14	μA
GATE On Voltage	EN = high	$V_{IN} - 6$	$V_{IN} - 5$	$V_{IN} - 4$	V
GATE Done Threshold	EN = high, $V_{GATE_DONE} - V_{GATE_ON}$	0	1		V
GATE Pullup Resistance	EN = low, $V_{GATE} = V_{IN} - 5V$		1		k Ω

用于LCD监视器/TV供电的 低成本、多输出电源

MAX8728

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(Circuit of Figure 1, $V_{IN} = V_{INL} = V_{SUPP} = 12V$, $V_{OUT1} = +3.3V$, $V_{SRC} = 28V$, $GND1 = GND2 = GNDP = GND = 0$, $I_{REF} = 0$, $T_A = 0^\circ C$ to $+85^\circ C$. Typical values are at $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
DEL, EN Discharge Switch On-Resistance	$\overline{SHDN}$ = low or fault tripped		20		Ω
FBN Discharge Switch On-Resistance	EN = low or fault tripped		5		k Ω
POSITIVE GATE-DRIVER TIMING AND CONTROL SWITCHES					
CTL Input Low Voltage				0.6	V
CTL Input High Voltage		2.0			V
CTL Input Leakage Current		-1		+1	μA
CTL-to-GON Rising Propagation Delay	1k Ω from DRN to GND, 1.5nF from GON to GND		100		ns
CTL-to-GON Falling Propagation Delay	1k Ω from DRN to GND, 1.5nF from GON to GND		250		ns
SRC Input Voltage Range				38	V
SRC Input Current	$V_{MODE} = V_{REF}$, $V_{DEL} = V_{CTL} = 3V$		1.5	2.0	mA
	$V_{MODE} = V_{REF}$, $V_{DEL} = 3V$, $V_{CTL} = 0$		0.14	0.20	
DRN Input Current	$V_{MODE} = V_{REF}$, $V_{DRN} = 8V$, $V_{DEL} = 3V$, $V_{GON} > V_{DRN}$, $V_{CTL} = 0$		0	1	μA
SRC Switch On-Resistance	$V_{MODE} = V_{REF}$, $V_{DEL} = V_{CTL} = 3V$		15	30	Ω
SRC Switch Saturation Current	$V_{MODE} = V_{REF}$, $V_{DEL} = V_{CTL} = 3V$, $V_{SRC} - V_{GON} > 5V$		260		mA
DRN Switch On-Resistance	$V_{MODE} = V_{REF}$, $V_{DEL} = 3V$, $V_{CTL} = 0$, $V_{GON} = 28V$, $V_{THR} = 1.4V$		25	50	Ω
DRN Switch Saturation Current	$V_{MODE} = V_{REF}$, $V_{DEL} = 3V$, $V_{CTL} = 0$, $V_{GON} = 28V$, $V_{THR} = 1.4V$, $V_{GON} - V_{DRN} > 5V$		100		mA
MODE Switch On-Resistance	$\overline{SHDN} = GND$		1		k Ω
MODE Current-Source Stop Voltage Threshold	MODE rising	1.2	1.4	1.6	V
MODE Charge Current	Operating mode 2, $V_{MODE} = 0.7V$	40	50	60	μA
MODE Voltage Threshold	Enabling DRN switch control in mode 2	0.8	1.0	1.2	V
THR to GON Voltage Gain		9.4	10.0	10.6	V/V
FAULT DETECTION					
Duration to Trigger Fault			50		ms
Thermal Shutdown Threshold	15 $^\circ C$ typical hysteresis		+160		$^\circ C$
SWITCHING-FREQUENCY SELECTION					
FSEL Input Levels	FSEL = V_{CC} (1MHz)	$V_{CC} - 0.4$			V
	FSEL = REF (0.5MHz)	1.65		2.35	
	FSEL = GND (1.5MHz)			0.5	
FSEL Input Current	Forced to V_{CC}		10		μA

用于LCD监视器/TV供电的 低成本、多输出电源

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Circuit of Figure 1, $V_{IN} = V_{INL} = V_{SUPP} = 12V$, $V_{OUT1} = +3.3V$, $V_{SRC} = 28V$, $GND1 = GND2 = GNDP = GND = 0$, $I_{REF} = 0$, $T_A = -40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$.) (Note 2)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
GENERAL					
IN, INL Input Voltage Range	For VL regulator operation	7.0		13.2	V
IN Standby Supply Current	VIN = 7V to 13.2V, EN = SHDN = GND			0.5	mA
Switching Frequency	FSEL = GND	1175		1800	kHz
	FSEL = VCC	780		1150	
	FSEL = REF	400		610	
VL REGULATOR					
VL Output Voltage	7V < VINL < 13.2V, VFB1 = VFB2 = VFBP = 1.9V, VFBN = 0.5V, IVL = 25mA	4.8		5.1	V
VL Undervoltage Lockout Threshold	VL rising, 2.5% hysteresis	3.8		4.1	V
REFERENCE					
REF Output Voltage	No external load	1.97		2.02	V
REF Load Regulation	0 < IRFI < 50μA			10	mV
STEP-DOWN REGULATOR					
OUT1 Voltage in Fixed Mode	VIN = 6.0V to 13.2V, EN = VCC, ILOAD = 0.5A (Note 1)	3.23		3.35	V
FB1 Regulation Voltage in Adjustable Mode	20% to 35% duty cycle, EN = VCC, IOUT1 = 0.5A (Note 1)	1.97		2.03	V
FB1 Adjustable-Mode Threshold Voltage		0.10		0.20	V
Output Voltage Adjust Range		2.0		3.6	V
Step-Down Regulator Fault Trip Level	Adjustable mode, FB1 falling	1.536		1.664	V
LX1-to-IN Switch On-Resistance				550	mΩ
LX1-to-GND1 Switch On-Resistance		8		40	Ω
Positive Current Limit		2.3		3.1	A
Skip Mode IMAX Threshold	EN = GND	0.45		0.75	A
Maximum Duty Cycle		70		85	%
STEP-UP REGULATOR					
Output Voltage Range		VIN		17	V
Maximum Duty Cycle		65		85	%
FB2 Regulation Voltage	FB2 = COMP, CCOMP = 1nF	1.97		2.02	V
LX2 Current Limit	VFB2 = 1.8V, duty cycle is 25%	1.2		1.8	A
LX2 On-Resistance				1	Ω

用于LCD监视器/TV供电的 低成本、多输出电源

MAX8728

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(Circuit of Figure 1, $V_{IN} = V_{INL} = V_{SUPP} = 12V$, $V_{OUT1} = +3.3V$, $V_{SRC} = 28V$, $GND1 = GND2 = GNDP = GND = 0$, $I_{REF} = 0$, $T_A = -40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$.) (Note 2)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
CHARGE-PUMP REGULATORS					
FBP Regulation Voltage		1.97		2.02	V
FBN Regulation Voltage	$V_{REF} - V_{FBN}$	1.71		1.78	V
SEQUENCE CONTROL					
$\overline{SHDN}$ Input Low Voltage				0.4	V
$\overline{SHDN}$ Input High Voltage		2			V
EN Turn-On Threshold		0.95		1.10	V
DEL Turn-On Threshold		0.95		1.10	V
GATE On Voltage	EN = high	$V_{IN} - 6$		$V_{IN} - 4$	V
GATE Done Threshold	EN = high, $V_{GATE_DONE} - V_{GATE_ON}$	0			V
POSITIVE GATE-DRIVER TIMING AND CONTROL SWITCHES					
CTL Input Low Voltage				0.6	V
CTL Input High Voltage		2.1			V
SRC Input Voltage Range				38	V
SRC Input Current	$V_{MODE} = V_{REF}$, $V_{DEL} = V_{CTL} = 3V$			2.3	mA
	$V_{MODE} = V_{REF}$, $V_{DEL} = 3V$, $V_{CTL} = 0$			0.2	
SRC Switch On-Resistance	$V_{MODE} = V_{REF}$, $V_{DEL} = V_{CTL} = 3V$			30	Ω
DRN Switch On-Resistance	$V_{MODE} = V_{REF}$, $V_{DEL} = 3V$, $V_{CTL} = 0$, $V_{GON} = 28V$, $V_{THR} = 1.4V$			50	Ω
MODE Current-Source Stop-Voltage Threshold	MODE rising	1.2		1.6	V
MODE Voltage Threshold	Enabling DRN switch control in mode 2	0.8		1.2	V
THR-to-GON Voltage Gain		9.4		10.6	V/V

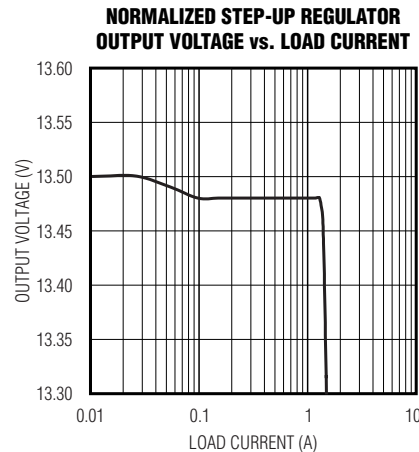
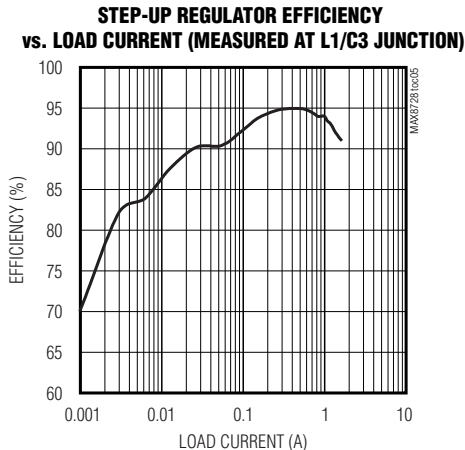
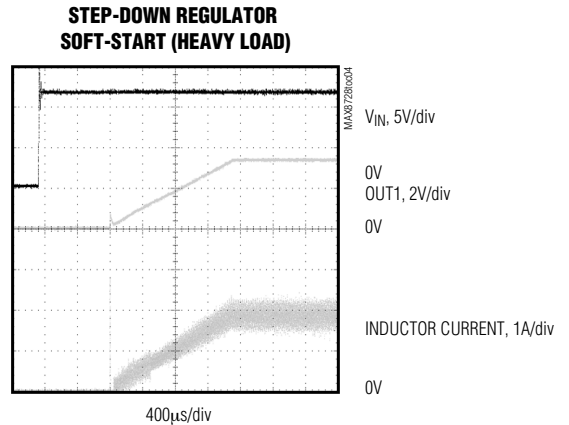
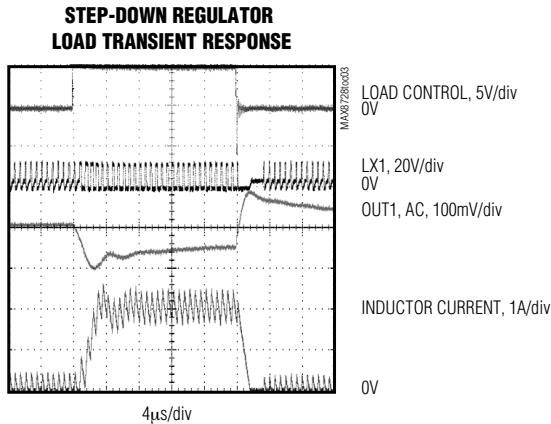
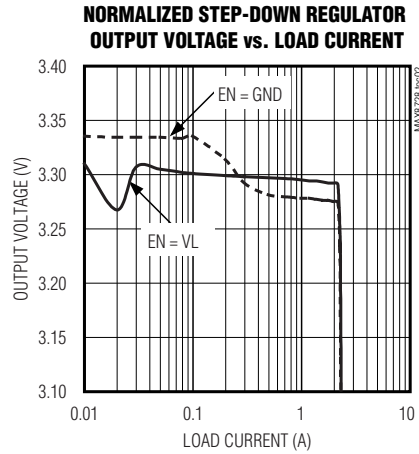
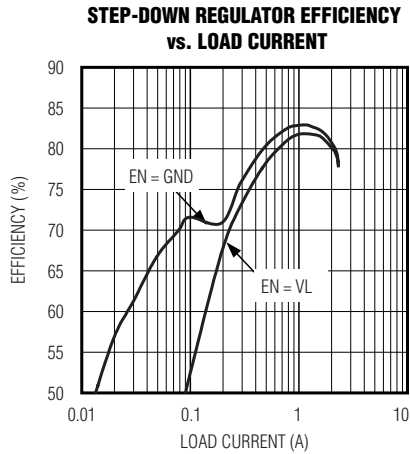
Note 1: When the inductor is in continuous conduction (EN = V_{CC} or heavy load), the output voltage has a DC regulation level lower than the error comparator threshold by 50% of the output voltage ripple. In discontinuous conduction (EN = GND with light load), the output voltage has a DC regulation level higher than the error comparator threshold by up to 50% of the output voltage ripple.

Note 2: Specifications to $-40^{\circ}C$ are guaranteed by design, not production tested.

用于LCD监视器/TV供电的 低成本、多输出电源

典型工作特性

(Circuit of Figure 1. $V_{IN} = V_{INL} = V_{SUPP} = 12V$, $AV_{DD} = 13.5V$, $V_{GON} = 28V$, $V_{GOFF} = -6V$, $V_{OUT1} = 3.3V$, $FSEL = GND$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)

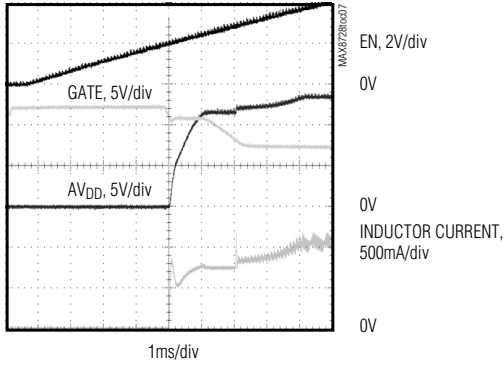


用于LCD监视器/TV供电的 低成本、多输出电源

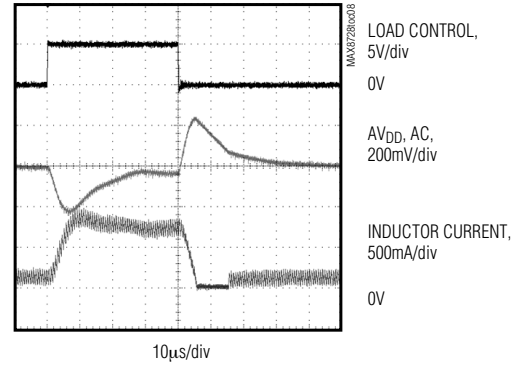
典型工作特性(续)

(Circuit of Figure 1. $V_{IN} = V_{INL} = V_{SUPP} = 12V$, $AV_{DD} = 13.5V$, $V_{GON} = 28V$, $V_{GOFF} = -6V$, $V_{OUT1} = 3.3V$, $FSEL = GND$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)

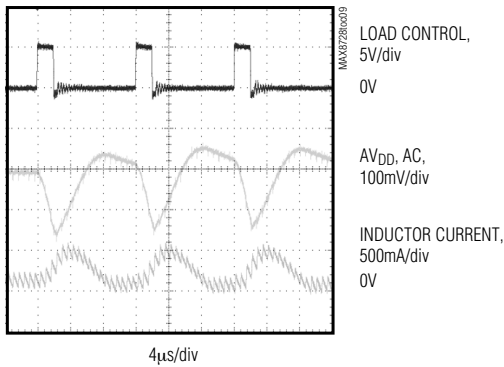
**STEP-UP REGULATOR
SOFT-START (HEAVY LOAD)**



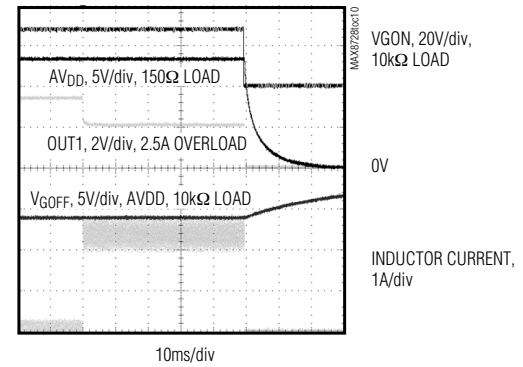
**STEP-UP REGULATOR LOAD TRANSIENT
RESPONSE (100mA TO 600mA)**



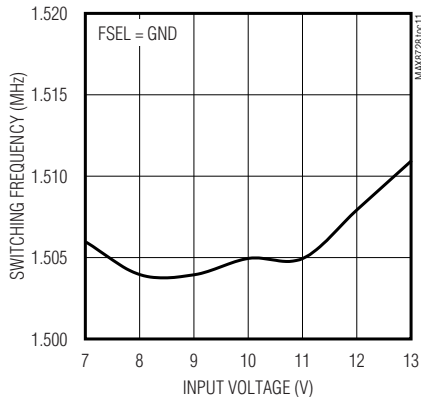
**STEP-UP REGULATOR PULSED-LOAD
TRANSIENT RESPONSE (100mA TO 1A)**



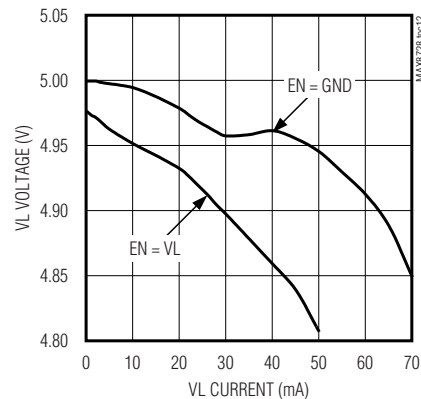
**TIMER-DELAY
OVERCURRENT PROTECTION**



**SWITCHING FREQUENCY
vs. INPUT VOLTAGE**



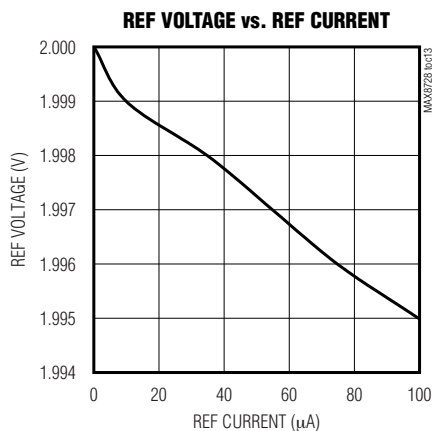
**NORMALIZED VL OUTPUT VOLTAGE
vs. VL CURRENT**



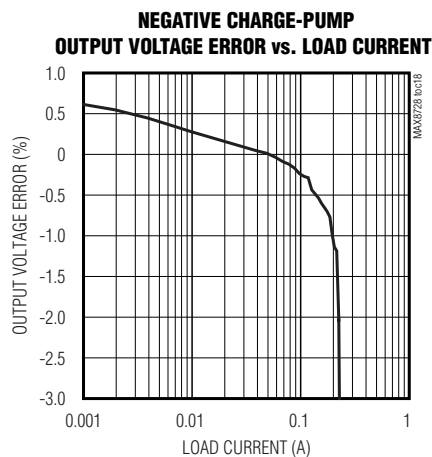
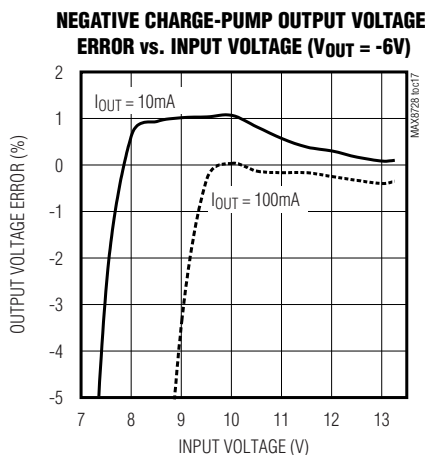
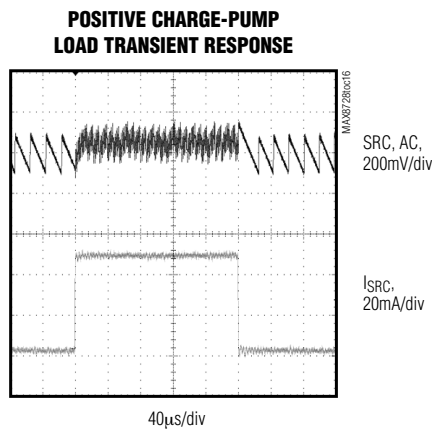
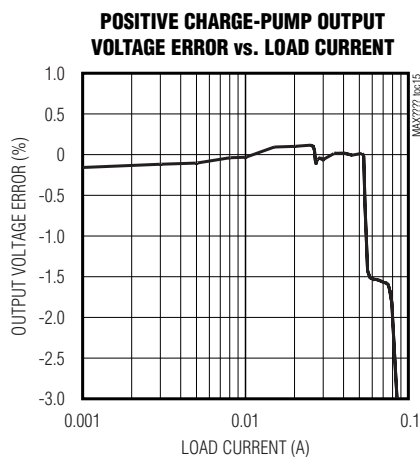
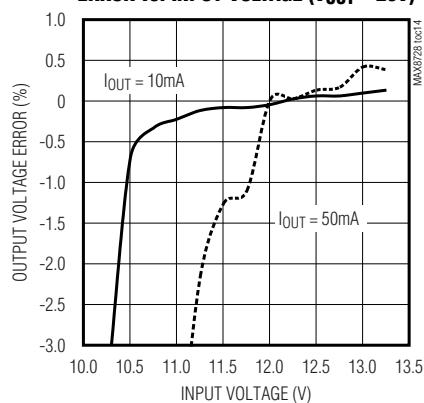
用于LCD监视器/TV供电的 低成本、多输出电源

典型工作特性(续)

(Circuit of Figure 1. $V_{IN} = V_{INL} = V_{SUPP} = 12V$, $AV_{DD} = 13.5V$, $V_{GON} = 28V$, $V_{GOFF} = -6V$, $V_{OUT1} = 3.3V$, $FSEL = GND$, $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



POSITIVE CHARGE-PUMP OUTPUT VOLTAGE ERROR vs. INPUT VOLTAGE ($V_{OUT} = 28V$)

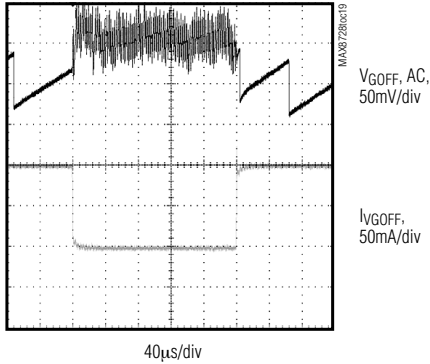


用于LCD监视器/TV供电的 低成本、多输出电源

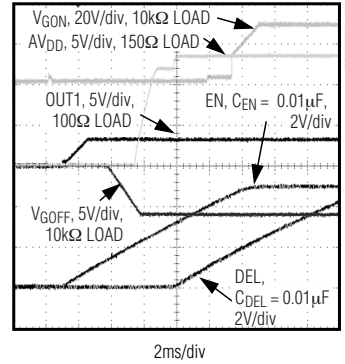
典型工作特性(续)

(Circuit of Figure 1. $V_{IN} = V_{INL} = V_{SUPP} = 12V$, $AV_{DD} = 13.5V$, $V_{GON} = 28V$, $V_{GOFF} = -6V$, $V_{OUT1} = 3.3V$, $FSEL = GND$, $T_A = +25^{\circ}C$, unless otherwise noted.)

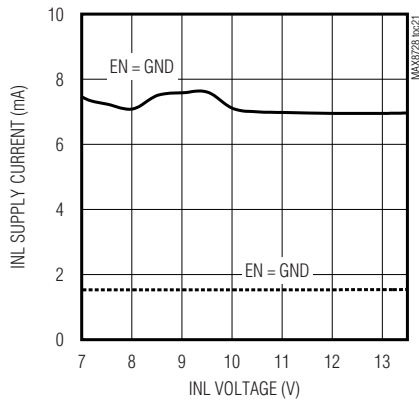
**NEGATIVE CHARGE-PUMP
LOAD TRANSIENT RESPONSE**



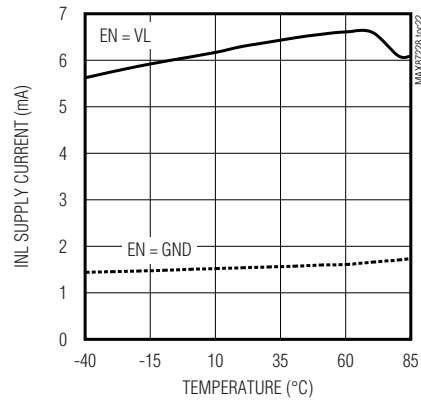
POWER-UP SEQUENCE



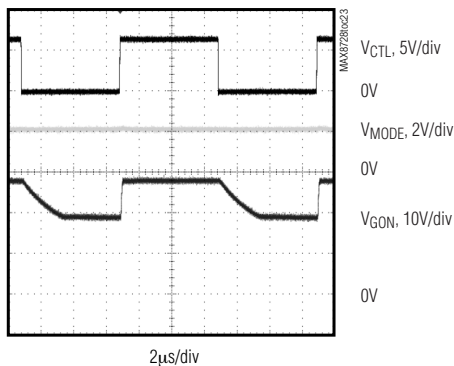
INL SUPPLY CURRENT vs. INL VOLTAGE



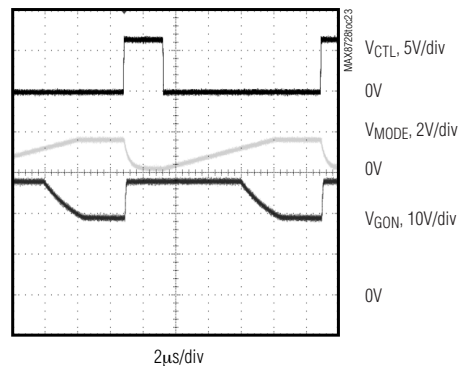
INL SUPPLY CURRENT vs. TEMPERATURE



**HIGH-VOLTAGE SWITCH
CONTROL (MODE 1)**



**HIGH-VOLTAGE SWITCH
CONTROL (MODE 2)**



用于LCD监视器/TV供电的 低成本、多输出电源

引脚说明

引脚	名称	功能
1	GND1	降压调节器和负电荷泵功率地。
2	OUT1	降压调节器输出检测输入端，OUT1是内部电流检测放大器的反相输入。OUT1直接连接至降压调节器的输出端。
3	DRVN	负电荷泵调节器驱动输出，详细内容参见负电荷泵调节器部分。
4	CTL	高压开关控制模块定时器控制输入。详细内容参见高压开关控制部分。
5	IN	降压调节器和负电荷泵调节器电源输入。
6	LX1	降压调节器开关节点。LX1是内部高边MOSFET的源极，用最短的引线连接LX1与电感和肖特基二极管，以减小EMI。
7	BST	降压调节器的自举引脚，BST是高边MOSFET栅极驱动电源电压。BST与LX1之间连接一只0.1μF的陶瓷电容器。
8	INL	内部5V线性稳压器和启动电路电源输入。INL的输入电压范围为+7.0V至+13.2V，INL与GND之间连接一只0.22μF的陶瓷电容器，电容应尽可能靠近IC安装。
9	VL	内部5V线性稳压器输出，VL为内部MOSFET栅极驱动器和控制电路供电。采用一只1μF的陶瓷电容器旁路VL至GND。VL能够为外部负载提供高达25mA的电流。
10	VCC	内部基准源输入，VCC直接接VL。
11	$\overline{\text{SHDN}}$	低电平有效关断控制输入。当 $\overline{\text{SHDN}}$ 为低电平时禁止所有输出(除了REF和VL)，并且GATE引脚变为高电平。
12	GND	模拟地。
13	REF	基准输出，REF和GND之间连接一只0.22μF的陶瓷电容器，在REF超出其UVLO门限之前禁止所有调节器输出。
14	FBP	正电荷泵调节器反馈输入，FBP连接至正电压输出与GND之间的电阻分压网络的中点，设置正电荷泵调节器的输出电压。该电阻分压器应尽可能靠近FBP放置。
15	GNDP	正电荷泵功率地。
16	DRVP	正电荷泵调节器驱动输出。详细内容参见正电荷泵调节器部分。
17	SUPP	正电荷泵调节器电源输入。SUPP直接连接至IN，采用一个最小电容值为0.1μF的陶瓷电容旁路SUPP至GNDP。
18	FSEL	频率选择引脚。FSEL接REF时，工作频率为500kHz；FSEL接VCC时，工作频率为1MHz；FSEL接GND时，工作频率为1.5MHz。
19	SRC	高压开关控制模块输入。SRC是内部高压、p沟道MOSFET的源极。
20	GON	高压开关控制模块输出端。GON是内部高压MOSFET的公共连接点。当开关控制模块被禁止时，GON通过4mA的内部电流源拉至GND。

用于LCD监视器/TV供电的 低成本、多输出电源

引脚说明(续)

MAX8728

引脚	名称	功能
21	DRN	高压开关控制输入。DRN是连接在GON的内部高压、p沟道MOSFET的漏极。详细内容参见高压开关控制部分。
22	THR	GON电压跌落调节输入端。THR连接至基准源与GND之间电阻分压器的中点，用于调节GON电压跌落设置点。CTL和MODE允许GON从SRC端断开，并通过DRN放电；当GON达到 $10 \times V_{THR}$ 时，放电结束。详细内容参见高压开关控制部分。
23	FB2	降压调节器反馈输入。FB2连接至升压调节器输出与GND之间的电阻分压网络的中点，可设置升压调节器的输出电压。该电阻分压器应靠近FB2放置。
24	FBN	负电荷泵调节器反馈输入。FBN连接至负电压输出与REF之间的电阻分压网络的中点，设置负电荷泵调节器的输出电压。该电阻分压器应靠近FBN放置。
25	GND2	降压调节器功率地。
26	LX2	升压调节器开关节点。用最短的引线连接LX2与电感、肖特基二极管，以减小EMI。
27	GATE	输入MOSFET栅极驱动输出。GATE控制输入电压与升压调节器电感之间的外部p沟道MOSFET。当升压调节器关断时，断开开关，使调节器输出放电至地电位。启动过程中，当 V_{GATE} 降低到GATE设置门限以下时，升压调节器开始软启动。
28	EN	使能输入。EN为高电平或浮空时，使能升压调节器和负电荷泵；EN接GND时，禁止升压调节器和负电荷泵工作，并将降压调节器设置在跳脉冲模式。EN吸收电流为 $5\mu A$ ，可提供电容控制的启动延迟。
29	MODE	高压开关控制模块的模式选择输入和定时调节输入。详细内容参见高压开关控制部分。
30	DEL	正电荷泵调节器和高压开关控制延迟输入。DEL与GND之间连接一只电容，用于设置延迟时间。用 $5\mu A$ 的电流源对 C_{DEL} 充电，关断模式下，通过一个 20Ω 的内部电阻将DEL拉至GND。
31	COMP	升压调节器的误差放大器补偿引脚。详细内容参见环路补偿部分。
32	FB1	降压调节器反馈输入。FB1连接到降压调节器输出与GND之间的电阻分压网络中点，用于设置降压调节器的输出电压。
—	EP	裸焊盘。裸露的底层焊盘连接至GND，以提供适当的散热通道，使IC冷却。参见PCB布局和接地部分。

用于LCD监视器/TV供电的 低成本、多输出电源

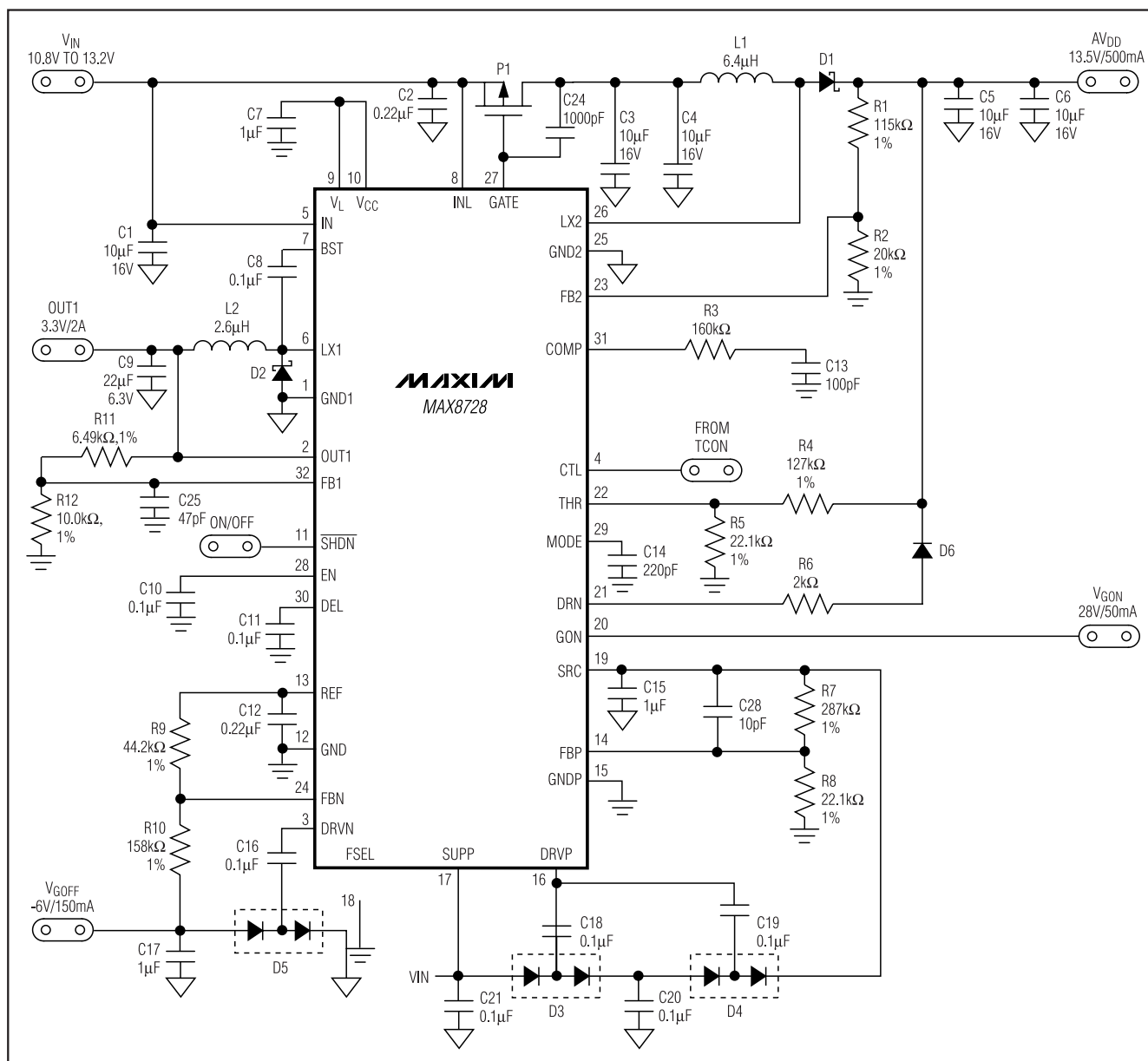


图1. 典型工作电路

用于LCD监视器/TV供电的 低成本、多输出电源

典型工作电路

MAX8728的典型工作电路(图1)是TFT LCD屏的完整供电系统,用于监视器和电视。该电路提供+3.3V逻辑电路供电电源、+13.5V源极驱动电源、+28V正向栅极驱动电源以及-6V负极性栅极驱动电源,输入电压范围为12V $\pm$ 10%,工作频率为1.5MHz。表1列出了元件清单,表2列出了元器件供应商的联系信息。

详细说明

MAX8728专为监视器和电视中TFT LCD屏的多输出电源设计。该器件包括一路用于源极供电的降压型开关调节器,两路用于栅极驱动电源的电荷泵调节器。每个调节器都具有可调节的输出电压、数字软启动和定时延迟故障保护功能。降压和升压调节器采用固定频率、电流模式控制架构。两个开关调节器为180°异相工作,大大降低了输入纹波。内部振荡器提供三种由引脚选择的频率选项(500kHz/1MHz/1.5MHz),便于用户根据特定应用的要求优化设计。此外,MAX8728还包括高压开关控制模块、内部5V线性稳压器、2V基准、完善的上电和断电排序以及热过载保护。图2所示为MAX8728的功能框图。

降压调节器

降压调节器由带有栅极驱动的内部n沟道MOSFET、无损耗电流检测网络、限流比较器以及PWM控制模块组成。外部功率级则由肖特基二极管整流器、电感以及输出电容组成。通过改变高边MOSFET的占空比调节输出电压。LX1与BST之间连接一只0.1 μ F飞电容构成自举电路,为高边栅极驱动供电。尽管MAX8728也包括一个25 Ω (典型值)的低边MOSFET,但是这个开关在启动期间用于对自举电容充电,并在轻载下保持固定频率工作模式,不能作为同步整流器。另外,还需要外接一个肖特基二极管(图1中的D2)。

PWM控制模块

PWM控制模块的核心是一个多输入、漏极开路比较器,该比较器对三路信号求和:以基准电压为参考的输出电压信号、电流检测信号以及斜率补偿信号。PWM控制器属于直接求和型,没有传统的误差比较器,并且不会产生相移。这种直接求和配置可在整个输出电压范围内实现近乎理想的逐周期控制。

表1. 元件清单(1.5MHz)

DESIGNATION	DESCRIPTION
C1, C3, C4, C5, C6	10 μ F $\pm$ 20%, 16V X5R ceramic capacitors (1206) TDK C3216X5R1C106M
D1, D2	3A, 30V Schottky diode (M-flat) Toshiba CMS02 (top mark S2)
D3, D4, D5	220mA, 100V dual diode (SOT23) Fairchild MMBD4148SE (top mark D4)
L1	6.4 μ H, 1.5ADC inductor Sumida CDRH6D12-6R4
L2	2.6 μ H, 2.6ADC inductor Sumida CDRH6D12-2R6
P1	2.4A, -20V p-channel MOSFET (3-pin SuperSOT) Fairchild FDN304P (top mark 304)

表2. 元件供应商

SUPPLIER	PHONE
Fairchild Semiconductor	408-822-2000
Sumida	847-545-6700
TDK	847-803-6100
Toshiba	949-455-2000

当EN为高电平或悬空时,控制器一直工作在固定频率PWM模式下。每个来自振荡器的脉冲锁存主PWM,开启高边开关,直到PWM比较器改变状态设置为止。当高边开关断开时接通低边开关。在下一个时钟周期到来之前,低边开关将一直保持导通状态。

EN为低电平时,控制器工作在跳脉冲模式。跳脉冲模式通过降低有效频率,可有效提高轻载下的效率,从而降低开关损耗。在有效的周期内,实际峰值电感电流始终保持在0.8A,随后跳过一些周期。随着负载电流的上升,跳脉冲模式可平稳过渡到固定频率PWM工作模式。

用于LCD监视器/TV供电的 低成本、多输出电源

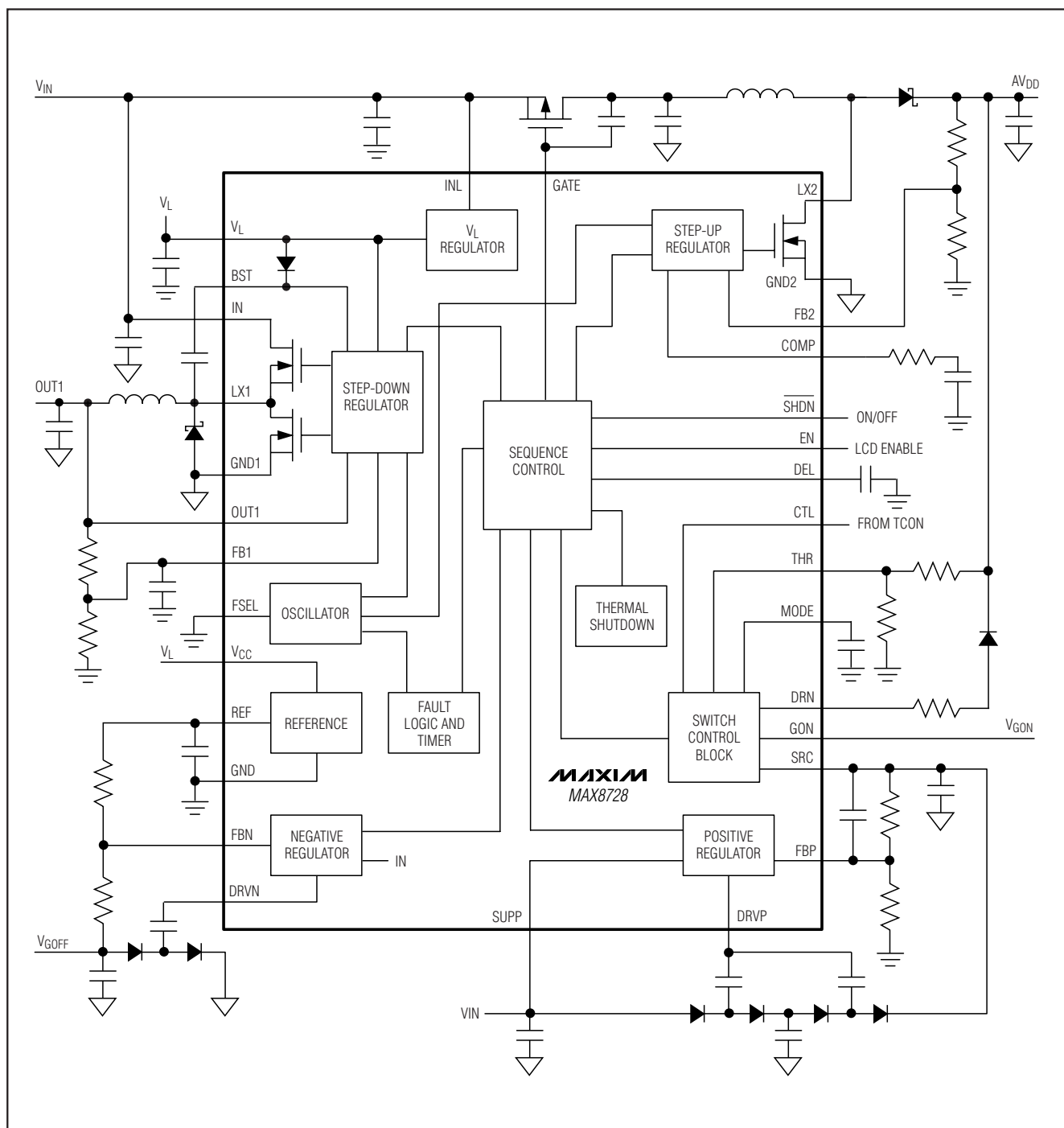


图2. 功能框图

用于LCD监视器/TV供电的 低成本、多输出电源

限流和无损耗电流检测

只要高边MOSFET两端的电压大于 $2.8A \pm 10\%$ 的实际限流门限，限流电路即关闭高边MOSFET开关。

采用电流模式控制时，内部无损检测网络从电感的直流电阻获得电流检测信号。电流检测网络的时间常数无需与电感的时间常数匹配，但须提供足够的电流纹波，保证在每种工作频率下稳定工作。电流检测信号交流耦合至PWM比较器，消除了随负载电流变化的直流输出电压。

低频工作模式

如果OUT1电压低于1.3V，MAX8728的降压调节器进入低频工作模式。低频工作模式下，降压调节器的开关频率是振荡器频率的1/6。出现OUT1过载或与地短路时，这一功能可以避免出现不受控制的电感电流。

软启动和故障保护

降压调节器包括7位软启动DAC，控制内部基准电压从0阶跃变化到2V，共分128级。软启动时间为3ms（典型值），这段时间内，禁止FB1故障检测。软启动可有效限制启动过程的浪涌电流（参见典型工作特性中的Step-Down Regulator Soft-Start (Heavy Load)波形图）。MAX8728监视欠压状态下的OUT1（固定输出模式）或FB1（可调输出模式）。如果这个电压连续低于正常稳压点的80%（典型值），并持续了大约50ms，MAX8728将置于故障闭锁，关闭VL和REF以外的所有输出。

升压调节器

升压调节器采用电流模式、固定频率PWM架构，最大限度地增大环路带宽，为TFT LCD源极驱动器的脉冲负载提供快速瞬态响应。通过外部电阻分压网络，输出电压可设置在 V_{IN} 至28V范围内。通过调节每个开关周期的内部功率MOSFET的占空比，控制输出电压和输出功率。

PWM控制模块

误差放大器对FB2引脚的电压信号和2.0V基准进行比较，改变COMP的输出。COMP引脚的电压设置峰值电感电流。随着负载的变化，误差放大器通过COMP输出引脚吸收或源出电流，相应地调整电感峰值电流来满足负载要求。为了保持大占空比工作时的稳定性，在电流检测信号中叠加了斜坡补偿信号。

在内部时钟的上升沿，控制器将触发器置位，n沟道MOSFET导通，输入电压施加于电感两端。流过电感的电流线性上升，并在其磁场中存储能量。一旦总的电流反馈信号和斜坡补偿信号超过COMP电压，则控制器复位触发器并关闭MOSFET。由于电感电流是连续的，电感两端的反向电势使肖特基二极管(D1)导通。电感两端的电压变为输出电压和输入电压之差。这种放电条件强制流过电感的电流线性下降，将磁场中存储的能量传送给输出电容和负载。其余的时钟周期内MOSFET保持关闭状态。

输入开关控制

MAX8728的GATE引脚控制连接在输入电压与升压调节器电感之间的外部p沟道MOSFET，这个MOSFET是可选的。当升压调节器被禁止时，该电路断开升压调节器与输入电源的连接，允许调节器的输出对地放电。当EN为低电平时，GATE通过一个 $1k\Omega$ 电阻由内部上拉至输入电源。一旦EN和 $\overline{SHDN}$ 变为高电平，负电荷泵调节器处于稳压调节状态，MAX8728开始用 $11\mu A$ 的内部电流源拉低GATE。当 V_{GATE} 低于MOSFET导通门限时，外部p沟道MOSFET导通，内部电源连接至升压调节器。 V_{GATE} 达到 $V_{IN} - 4V$ 时，升压调节器使能，开始软启动程序。 V_{GATE} 继续降低，直到低至 $V_{IN} - 5V$ 。

软启动和故障保护

升压调节器通过线性提升其内部电流限实现软启动。当输出达到稳定或达到最大限流条件时，软启动停止。电流限大约在3ms内从零缓慢上升至最大电流门限。软启动可有效限制启动期间的浪涌电流（参见典型工作特性中的Step-Up Regulator Soft-Start (Heavy Load)波形图）。MAX8728监视FB2来判断是否处于欠压状态。如果该电压连续低于标称稳压点的90%，并保持大约50ms的时间，MAX8728触发故障闭锁，关断除VL、REF外的所有输出以及降压调节器。

用于LCD监视器/TV供电的低成本、多输出电源

正电荷泵调节器

正电荷泵调节器通常为TFT LCD栅极驱动器IC提供正电源电压。输出电压可通过输出端和GND之间的外部电阻分压器设置，该电阻分压器的中点连接至FBP。电荷泵级数和反馈分压器的设置确定了正电荷泵调节器的输出电压。电荷泵包括高边p沟道MOSFET (P1)和低边n沟道MOSFET (N1)，控制功率的传输，如图3所示。

误差放大器将反馈信号(FBP)与2.0V内部基准进行比较。如果反馈信号低于基准电压，则电荷泵在振荡器时钟的上升沿导通P1、断开N1，通过 V_{SUPP} 转移飞电容(C18和C19)电荷。如果C18和C19的电压大于对应的储能电容(C20和C15)的电压，则向储能电容传递电荷，直到连接在飞电容与储能电容之间的二极管断开为止。在振荡器的下降沿断开P1、导通N1，通过连接在飞电容(C18和C19)

与储能电容(C21和C20)之间的二极管对飞电容充电。当振荡器时钟的上升沿到来时，如果反馈电压高于基准电压，则调节器忽略该时钟沿，并保持N1导通、P1关断。

正电荷泵的启动延时可以通过DEL与GND之间的外部电容器设置，当EN和 $\overline{SHDN}$ 为逻辑高电平时，内部恒流源开始向DEL电容充电，负电荷泵达到稳定，GATE变为低电平。当DEL电压大于 $V_{REF}/2$ 时，正电荷泵使能。每次使能时，内部基准电压从0阶跃变化到2V，共分128级，使正电荷泵经历一个软启动过程。软启动时间为3ms (典型值)，在此期间禁止FBP故障检测。软启动可以有效限制启动过程的浪涌电流。MAX8728监视FBP电压以判断是否处于欠压状态。如果 V_{FBP} 始终低于其标称稳压点的80%，并持续了大约50ms，MAX8728将置于故障闭锁，关闭VL、REF以外的所有输出，同时关断降压调节器。

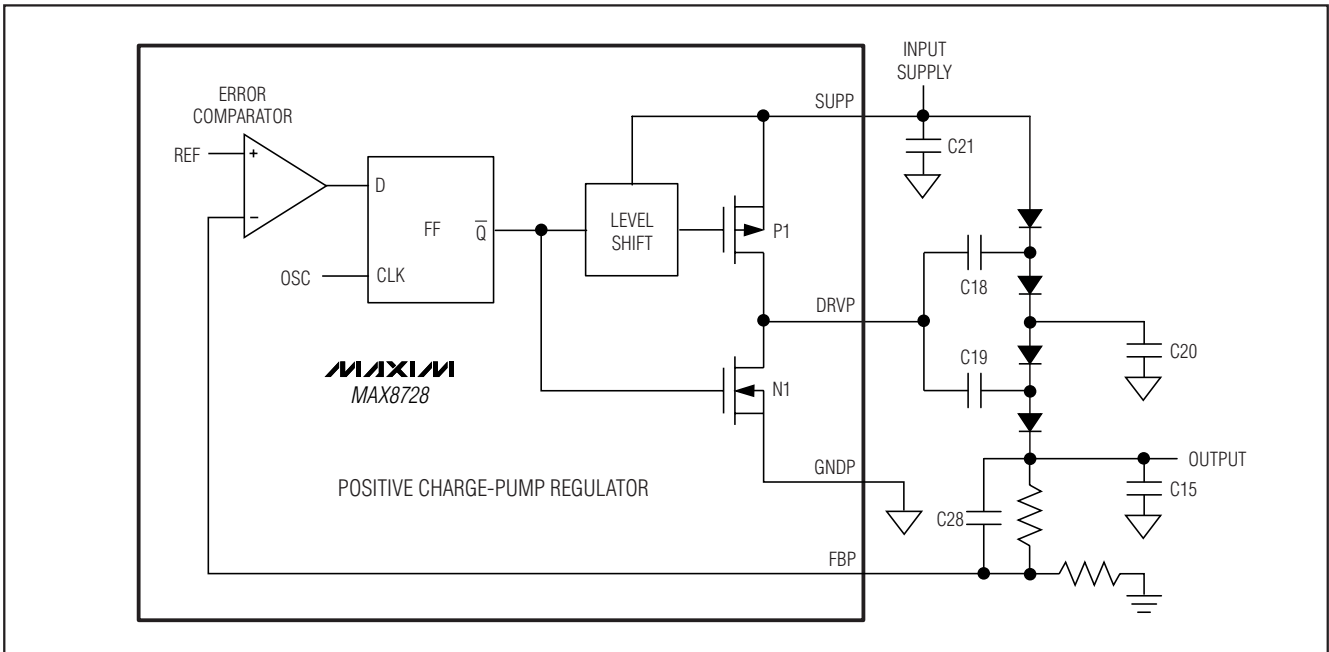


图3. 正电荷泵调节器的原理框图

用于LCD监视器/TV供电的 低成本、多输出电源

负电荷泵调节器

负电荷泵调节器通常用于为TFT LCD栅极驱动IC提供负电源。通过输出端与REF之间的电阻分压网络设置输出电压，电阻分压网络的中点接FBN。电荷泵级数和反馈分压网络的设置确定了负电荷泵输出，电荷泵控制器包括高边p沟道MOSFET (P2)和低边n沟道MOSFET (N2)，以控制功率传输，如图4所示。

误差比较器将反馈信号与250mV的内部基准进行比较。如果反馈信号大于基准电压，则电荷泵调节器在振荡器时钟的上升沿导通N2、断开P2，飞电容(C16)向储能电容传递电荷。在振荡器时钟的下降沿断开N2、导通P2，并通过连接在飞电容与储能电容(C1)之间的二极管对飞电容(C16)充电。当振荡器的上升沿到来时，如果反馈信号小于基准电压(输出处于稳压状态)，则调节器忽略该时钟沿，并保持P2导通、N2关断。

$\overline{\text{SHDN}}$ 和EN为逻辑高电平、并且降压调节器达到稳压状态时，负电荷泵使能。每次使能后，内部基准从2V缓慢地阶跃下降至250mV，共128级阶跃台阶，使负电荷泵经历一个软启动过程。软启动时间为3ms(典型值)，在此期间禁止FBN故障检测功能。软启动有效限制了启动过程的浪涌电流。MAX8728还监视FBN电压，判断是否处于欠

压状态。如果 V_{FBN} 始终大于600mV，并持续了大约50ms，MAX8728将置于故障闭锁，关断VL、REF以外的所有输出，同时关断降压调节器。

高压开关控制

MAX8728的高压开关控制模块(图5)由两个高压p沟道MOSFET组成，分别为SRC与GON之间的Q1和GON与DRN之间的Q2。当 V_{DEL} 高于 $V_{\text{REF}}/2$ 时，使能开关控制模块。通过CTL和MODE引脚控制Q1、Q2。有两种不同的工作模式(参见典型工作特性部分)。

MODE接REF时激活第一种模式。CTL为逻辑高电平时，Q1导通、Q2断开，GON接SRC。CTL为逻辑低电平时，Q1断开、Q2导通，GON接DRN。之后GON通过连接在DRN与GND(或 AV_{DD})之间的电阻放电。当 V_{GON} 电压达到THR电压的10倍时，Q2断开并停止GON放电。

当 V_{MODE} 电压小于 $0.9 \times V_{\text{REF}}$ 时，开关控制模块工作在第二种模式。在 V_{CTL} 上升沿导通Q1、断开Q2，GON连接至SRC。位于MODE和GND之间的内部n沟道MOSFET Q3导通，使MODE和GND之间的外部电容放电。 V_{CTL} 的下降沿断开Q3，并通过一个内部50 μA 电流源开始对MODE电容充电。一旦 V_{MODE} 大于 $0.5 \times V_{\text{REF}}$ ，开关控制模块断开Q1、导通Q2，GON连接至DRN。GON通过连接在DRN和

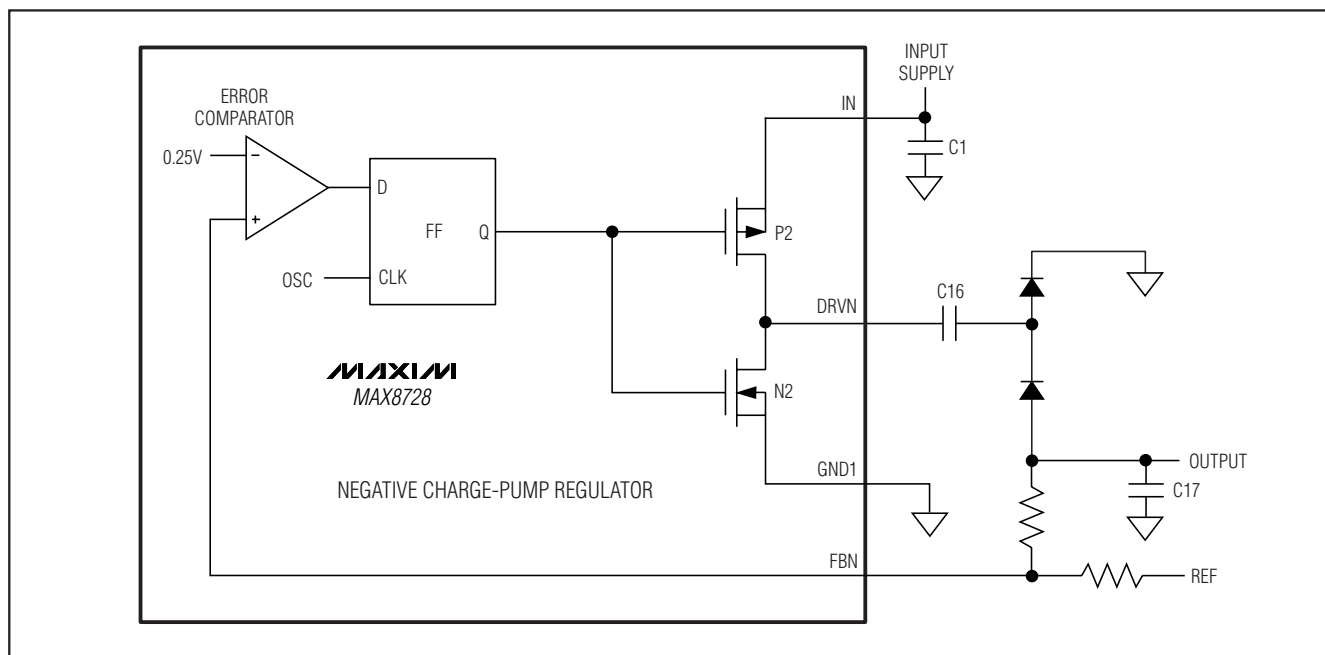


图4. 负电荷泵调节器的原理框图

用于LCD监视器/TV供电的低成本、多输出电源

GND (或 AV_{DD})之间的电阻放电。当 V_{GON} 电压达到THR电压的10倍时, 断开Q2且GON停止放电。

关断LCD或LCD处于故障状态时, 禁止开关控制模块工作, DZL保持为低电平, GON通过内部4mA电流源对GND放电。如果通过DRN电阻将DRN连接至 AV_{DD} 或另一高于地电位的电压, 则Q2体二极管导通。为了避免体二极管导通, 必须在DRN电阻上串联一个外部二极管(图1中的D6)。在启动过程中, 当GATE达到GATE DONE的门限时, 释放4mA电流源和Q4。

线性稳压器(VL)

MAX8728内置线性稳压器, INL是线性稳压器的输入。输入电压介于7V和13.2V之间, 输出电压设置为5V。该稳压器为内部MOSFET驱动器、PWM控制器、电荷泵调节器以及逻辑电路供电。外部总负载电流为25mA。采用最小1 μ F的电容器旁路VL至GND。

基准电压(REF)

基准电压的标称值为2V, 源出电流至少为50 μ A (参见典型工作特性部分)。V_{CC}是内部基准模块的输入电压。REF和GND之间连接0.22 μ F旁路陶瓷电容。

频率选择(FSEL)

降压调节器和升压调节器采用同一个内部振荡器。通过FSEL输入引脚选择开关频率。表3为根据FSEL连接方式所确定的开关频率。高频工作模式(1.5MHz)适合元件尺寸极小的应用, 但由于开关损耗增加, 会牺牲一些效率。低频工作模式(500kHz)可使整机效率达到最佳, 却以增大元件尺寸和电路板空间为代价。

为了降低输入RMS电流, 降压调节器和升压调节器工作在180°异相方式, 该特性允许采用较少的输入电容。

上电排序

当MAX8728的内部基准电压(REF)高于欠压闭锁(UVLO)门限, 且 $\overline{SHDN}$ 为逻辑高电平时, 降压调节器开始工作。降压调节器达到稳定后, 禁止FB1故障检测电路。当EN和 $\overline{SHDN}$ 均为逻辑高电平时, 并且REF高于其UVLO门限时, 负电荷泵开始工作。一旦负电荷泵输出达到稳定电压, MAX8728使能FBN故障检测电路和输入开关控制模块, 用11 μ A的内部电流源开始拉低GATE。当 V_{GATE} 降至MOSFET的导通门限以下时, 外部p沟道MOSFET导通, 输入电源连接至升压调节器。

当 V_{GATE} 到达GATE DONE门限时, MAX8728使能升压调节器和正电荷泵延时模块。在升压调节器达到稳压状态后, 使能FB2故障检测电路。延迟模块以5 μ A的内部电流源向DEL电容充电, V_{DEL} 线性上升。当 V_{DEL} 电压大于1V (典型值)时, MAX8728使能正电荷泵和高压开关控制模块。正电荷泵输出达到稳定电压, 使能FBP故障检测。

断电控制

EN或 $\overline{SHDN}$ 为逻辑低电平, 或发生任何故障闭锁时, MAX8728禁止升压调节器、正电荷泵、负电荷泵、输入开关控制模块、延时模块以及高压开关模块工作。只有当 $\overline{SHDN}$ 为逻辑低电平时, 如果发生降压故障闭锁或热过载, 才禁止降压调节器工作。

表3. 频率选择

FSEL	SWITCHING FREQUENCY (kHz)
GND	1500
VCC	1000
REF	500

用于LCD监视器/TV供电的低成本、多输出电源

MAX8728

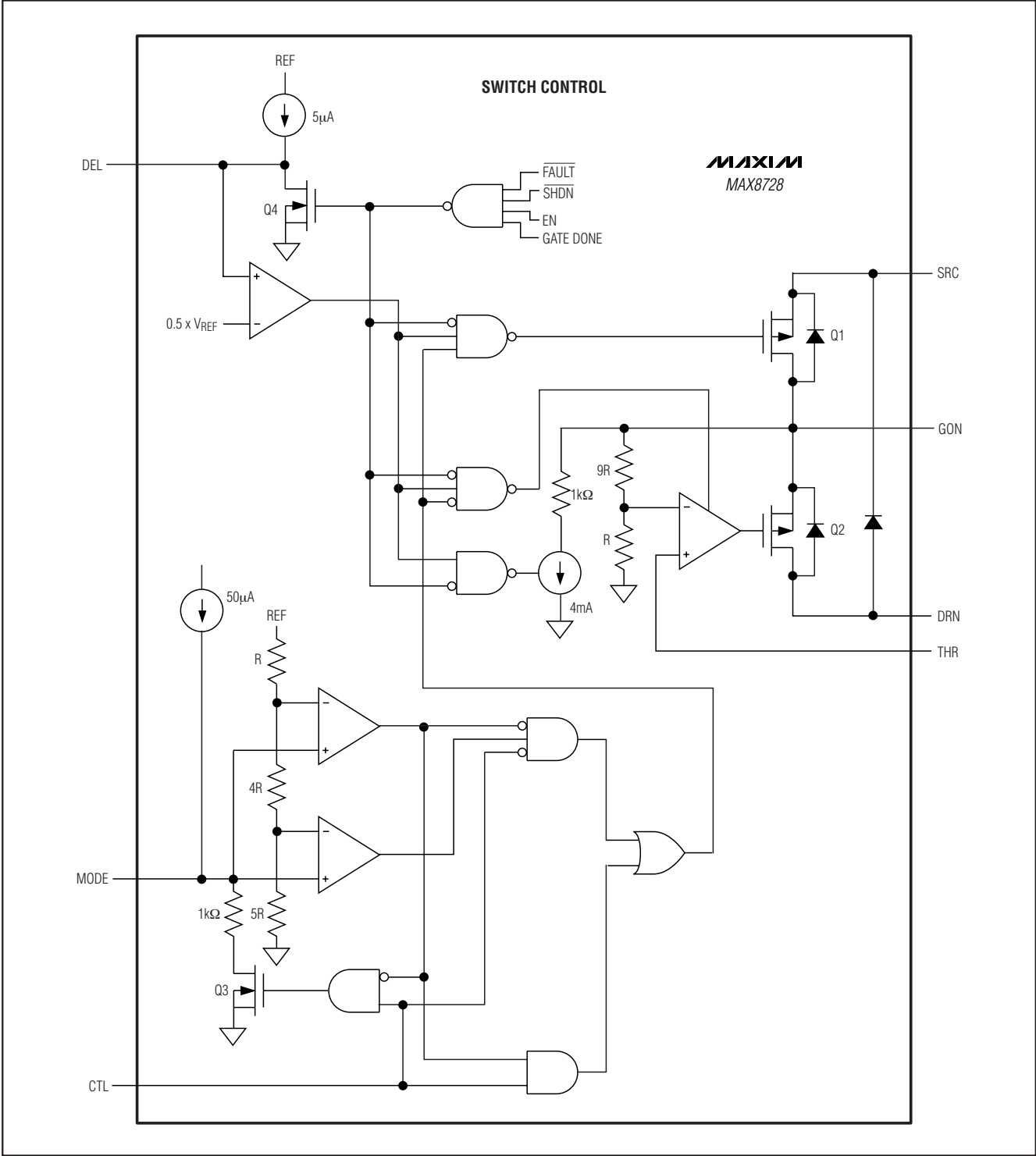


图5. 开关控制功能框图

用于LCD监视器/TV供电的低成本、多输出电源

故障保护

在稳定工作状态下，如果MAX8728四个调节器(升压调节器、降压调节器、正电荷泵和负电荷泵)中的任何一路输出电压低于其故障门限，则MAX8728激活内部故障定时器。如果在故障定时器设定的时间内(典型值50ms)没有解除故障条件，则MAX8728置于故障锁存状态。如果故障是由升压调节器或其中一个电荷泵引起的(LCD故障)，MAX8728将关断VL、REF以外的所有输出，同时关断降压调节器。故障排除后，通过触发EN或SHDN或重新上电清除LCD故障锁存，并重新启动LCD电源。如果故障是由降压调节器引起的，则MAX8728关断VL、REF以外的所有输出。一旦故障排除，则触发SHDN或重新上电清除降压故障锁存，并重新启动电源。

热过载保护

热过载保护功能可防止MAX8728过热而导致功耗过大。结温超过 $T_J = +160^{\circ}\text{C}$ 时，温度传感器立即触发故障保护，关断除基准之外的所有输出，使器件冷却。当器件结温降低约 15°C 后，MAX8728自动重启所有电源。

热过载保护功能可在故障状态下保护控制器。连续工作时，结温不能超过 $T_J = +150^{\circ}\text{C}$ 的最大绝对值。

设计步骤

降压调节器设计

电感选择

选择电感时必须指定三个关键参数：电感值(L)、峰值电感电流(I_{PEAK})以及直流电阻(R_{DC})。下列公式包含一个常量(LIR)，它是电感纹波峰值电流与直流负载电流的比值。LIR取值越大时，所要求的电感尺寸越小，却会导致较大的损耗和较高的纹波。尺寸和损耗之间的最佳平衡点一般在30%的纹波电流与负载电流比值($LIR = 0.3$)处，对应的电感峰值电流是直流负载电流的1.15倍：

$$L_{OUT1} = \frac{V_{OUT1} \times (V_{IN} - V_{OUT1})}{V_{IN} \times f_{SW} \times I_{OUT1(MAX)} \times LIR}$$

其中 $I_{OUT1(MAX)}$ 是直流负载电流的最大值。FSEL接GND时，开关频率 f_{SW} 为1.5MHz；FSEL接 V_{CC} 时，开关频率 f_{SW} 为1MHz；FSEL接REF时，开关频率 f_{SW} 为500kHz。电感值并不要求非常精确，可对其进行折中选择，使尺寸、成本和效率达到最佳。小电感值可减小尺寸、降低成本，但峰值电流较大，会增大输出纹波、降低效率。另一方面，大电感值可提高效率，但需要额外的线圈，在某种程度上增加阻性损耗，从而抵消了低交流电流带来的好处。

电感饱和电流必须大于峰值电感电流，峰值电感电流计算公式如下：

$$I_{OUT1_RIPPLE} = \frac{V_{OUT1} \times (V_{IN} - V_{OUT1})}{f_{SW} \times L_{OUT1} \times V_{IN}}$$

$$I_{OUT1_PEAK} = I_{OUT1(MAX)} + \frac{I_{OUT1_RIPPLE}}{2}$$

为达到较高的效率，电感的直流电阻应尽可能小一些。在满足尺寸要求的前提下，应选择直流电阻尽可能低的低损耗电感。铁氧体磁芯电感通常是最佳选择，尤其是在较高频率的应用场合。屏蔽核结构有助于抑制噪声、EMI以及开关波形的抖动。

输入电容

输入滤波电容可降低吸收电源的峰值电流，降低由调节器开关动作所引起的输入噪声和电压纹波。这些输入滤波电容是根据输入纹波电流和额定电压要求，而不是根据电容值来选择的。输入电压和负载电流确定了RMS输入纹波电流(I_{RMS})：

$$I_{RMS} = I_{OUT1} \times \sqrt{\frac{V_{OUT1} \times (V_{IN} - V_{OUT1})}{V_{IN}}}$$

最差情况是 $I_{RMS} = 0.5 \times I_{OUT1}$ ，发生在 $V_{IN} = 2 \times V_{OUT1}$ 时。

大多数应用中选择陶瓷电容，因为它能够承受较大的纹波电流和浪涌电流。若要获得最佳的电路长期稳定性，应选择在最大负载电流对应的RMS输入电流下，温升低于 $+10^{\circ}\text{C}$ 的输入电容。

用于LCD监视器/TV供电的低成本、多输出电源

输出电容选择

由于MAX8728的降压调节器由内部补偿,因此,选择任何合理的输出电容都可保证稳定工作。然而,实际电容和等效串联电阻(ESR)会对调节器的输出纹波电压和瞬态响应产生影响。以下讲述如何根据纹波电压和瞬态负载要求确定输出电容和ESR。

输出电压纹波由两部分组成:输出电容存储电荷变化所引起的纹波、电流流入和流出电容时在电容ESR两端产生压降所引起的纹波:

$$\begin{aligned} V_{OUT1_RIPPLE} &= V_{OUT1_RIPPLE(ESR)} + V_{OUT1_RIPPLE(C)} \\ V_{OUT1_RIPPLE(ESR)} &= I_{OUT1_RIPPLE} \times R_{ESR_OUT1} \\ V_{OUT1_RIPPLE(C)} &= \frac{I_{OUT1_RIPPLE}}{8 \times C_{OUT1} \times f_{SW}} \end{aligned}$$

其中 I_{OUT1_RIPPLE} 的定义见降压调节器、电感选择部分, C_{OUT1} 是输出电容, R_{ESR_OUT1} 是输出电容 C_{OUT1} 的ESR。图1所示,电感纹波电流为0.6A。如果图1电路中设置电压纹波为3.3V输出电压的 $\pm 1\%$,那么,总的峰值纹波电压应该小于66mV。假定ESR纹波和电容纹波小于总峰值纹波的50%,那么,ESR应小于55m Ω ,输出电容应大于1.5 μ F,以满足总纹波电压的要求。图1所示标准应用电路选择了ESR为10m Ω (包括PCB布线电阻)的22 μ F电容,易于满足纹波电压要求。

负载阶跃上升或下降时,降压调节器的输出电容和ESR还会影响电压的下冲和过冲。下冲和过冲电压也由两部分组成:ESR引起的电压阶跃以及有限的电容和电感摆率所引起的电压下跌和上升。判断ESR是否足够低,以及输出电容是否足够大,能够防止过大的电压跌落或提升,可采用下列公式进行验证:

ESR阶跃电压的幅度是负载阶跃和输出电容ESR的函数:

$$V_{OUT1_ESR_STEP} = \Delta I_{OUT1} \times R_{ESR_OUT1}$$

电容引起的电压跌落幅度是负载阶跃、输出电容值、电感值、输入与输出电压差以及最大占空比的函数:

$$V_{OUT1_SAG} = \frac{L_{OUT1} \times (\Delta I_{OUT1})^2}{2 \times C_{OUT1} \times (V_{IN(MIN)} \times D_{MAX} - V_{OUT1})}$$

电容引起的电压提升幅度是负载阶跃、输出电容、电感以及输出电压的函数:

$$V_{OUT1_SOAR} = \frac{L_{OUT1} \times (\Delta I_{OUT1})^2}{2 \times C_{OUT1} \times V_{OUT1}}$$

按图1选取电路的元件值时,在2A负载阶跃瞬变期间,由电容ESR引起的电压跃变可以忽略不计,电压跌落、提升值分别为40.2mV和71.6mV。

整流二极管

MAX8728的高开关频率需要高速整流器。由于肖特基二极管具有较快的恢复时间以及较低的正向导通电压,因此在大多数应用中推荐使用这种二极管。通常,2A肖特基二极管可以很好地配合内部MOSFET工作。

输出电压调节

在OUT1和GND之间连接一个电阻分压器调节输出电压,其电阻分压器的中心抽头连接至FB1。R12 (FB1至GND之间的电阻)在5k Ω 和50k Ω 之间选取,采用下列公式计算R11 (OUT1至FB1之间的电阻):

$$R11 = R12 \times \left(\frac{V_{OUT1}}{V_{FB1}} - 1 \right)$$

其中, $V_{FB1} = 2V$, V_{OUT1} 可在2V至3.6V范围内改变。FB1和GND之间连接一个小电容(例如:47pF),有助于降低FB1的噪声敏感度。

升压调节器设计

电感选择

选择升压电感时需要考虑电感值、额定峰值电流以及串联电阻等诸多因素。这些因素影响到转换器的效率、最大输出负载能力、瞬态响应时间以及输出电压纹波。此外,还需要考虑物理尺寸和成本等因素。

最大输出电流、输入电压、输出电压和开关频率决定了电感值的大小,大电感值可减小电流纹波,从而降低峰值电流,这可以减小电感内的磁芯损耗以及整个电源通路的 I^2R 损耗。然而,大电感值意味着需要更多的电感储能和更多的线圈匝数,相应增大物理尺寸并增加电感内

用于LCD监视器/TV供电的低成本、多输出电源

的 I^2R 损耗。小电感值可减小物理尺寸，但会增大电流纹波和峰值电流。因此需要在电路效率、电感尺寸和成本之间权衡考虑，选取最佳的电感值。

此处给出的公式中含有一个常量LIR，它是满负荷时电感峰值纹波电流与平均直流电感电流的比值。通常，LIR取0.2至0.5时升压调节器电感尺寸和电路效率可以取得最佳平衡。当然，还要根据电感磁芯材料的交流特性以及电感电阻与功率通路其它电阻的比值，调节LIR值，已获得最佳特性。如果电感电阻较高，可适当增大纹波，以减少所需的线圈匝数或增大线圈直径。如果电感电阻较小，则可增大电感，以减小峰值电流，降低整个功率通路的损耗。如果选择的是LCD屏中使用的非常薄的高阻值电感，最佳LIR可能增大到0.5至1.0。

电感物理特性确定后，应求出较高和较低的电感值，以便在典型工作区域内获得更高的效率。

利用典型输入电压(V_{IN})、最大输出电流($I_{AVDD(MAX)}$)、预期效率(η_{TYP} ，取自典型工作特性中的相应曲线)，结合上述讨论确定的LIR，可近似计算电感值：

$$L_{AVDD} = \left(\frac{V_{IN}}{V_{AVDD}} \right)^2 \left(\frac{V_{AVDD} - V_{IN}}{I_{AVDD(MAX)} \times f_{SW}} \right) \left(\frac{\eta_{TYP}}{LIR} \right)$$

在适当的电感系列中选择一个有效的电感值。根据能量守恒定律以及典型工作特性中有关曲线提供的特定工作点下的期望效率(η_{MIN})，计算最小输入电压 $V_{IN(MIN)}$ 下的最大输入直流电流：

$$I_{IN(DC,MAX)} = \frac{I_{AVDD(MAX)} \times V_{AVDD}}{V_{IN(MIN)} \times \eta_{MIN}}$$

计算该工作点的纹波电流和电感峰值电流：

$$I_{AVDD_RIPPLE} = \frac{V_{IN(MIN)} \times (V_{AVDD} - V_{IN(MIN)})}{L_{AVDD} \times V_{AVDD} \times f_{SW}}$$

$$I_{AVDD_PEAK} = I_{IN(DC,MAX)} + \frac{I_{AVDD_RIPPLE}}{2}$$

电感的额定饱和电流和MAX8728的LX2限流应大于 I_{AVDD_PEAK} ，电感的额定直流电流应大于 $I_{IN(DC,MAX)}$ 。为了达到较高效率，应选择串联电阻小于 0.1Ω 的电感。

针对图1所示的典型工作电路，最大负载电流($I_{AVDD(MAX)}$)为500mA，输出电压为13.5V，输入电压的典型值为12V。LIR取0.3，该工作点的效率约为95%。

$$L_{AVDD} = \left(\frac{12V}{13.5V} \right)^2 \left(\frac{13.5V - 12V}{0.5A \times 1.5MHz} \right) \left(\frac{0.95}{0.3} \right) \approx 6.4\mu H$$

电路的输入电压取最小值(10.8V)，该工作点的效率为90%，可得：

$$I_{IN(DC,MAX)} = \frac{0.5A \times 13.5V}{10.8V \times 0.9} \approx 0.69A$$

纹波电流和峰值电流为：

$$I_{RIPPLE} = \frac{10.8V \times (13.5V - 10.8V)}{6.4\mu H \times 13.5V \times 1.5MHz} \approx 0.23A$$

$$I_{PEAK} = 0.69A + \frac{0.23A}{2} \approx 0.81A$$

输出电容器选择

总输出电压纹波由两部分组成：输出电容充电、放电引起的容性纹波，以及电容的ESR引起的阻性纹波：

$$V_{AVDD_RIPPLE} = V_{AVDD_RIPPLE(C)} + V_{AVDD_RIPPLE(ESR)}$$

$$V_{AVDD_RIPPLE(C)} \approx \frac{I_{AVDD}}{C_{AVDD}} \left(\frac{V_{AVDD} - V_{IN}}{V_{AVDD} \times f_{SW}} \right), \text{ and}$$

$$V_{AVDD_RIPPLE(ESR)} \approx I_{AVDD_PEAK} \times R_{ESR}$$

其中 I_{AVDD_PEAK} 是峰值电感电流(参见升压调节器设计，电感选择部分)。对于陶瓷电容，其输出电压纹波通常取决于 $V_{AVDD_RIPPLE(C)}$ 。同时还应考虑输出电容的额定电压和温度特性。

用于LCD监视器/TV供电的低成本、多输出电源

输入电容器选择

输入电容可降低吸收输入电源的电流尖峰，并降低注入IC的噪声。由于在一般实验室装置的源阻抗较大，因此在典型工作电路(图1)中采用两个10μF的陶瓷电容。而升压调节器通常直接与另一个稳压电源输出连接，因此在实际应用中的源阻抗要小得多。通常，输入电容可以低于典型工作电路的电容值。

整流二极管

MAX8728的高开关频率需要高速整流器。由于肖特基二极管具有较快的恢复时间以及较低的正向电压，因此在大多数应用中，推荐使用肖特基二极管。通常，1A至2A的肖特基二极管可以很好地配合内部MOSFET工作。

输出电压选择

升压调节器的输出电压通过输出端(V_{AVDD})和GND之间的电阻分压网络调节，其电阻分压网络的中心抽头接FB2(参见图1)。R2在10kΩ和50kΩ之间选择。采用下列公式计算R1：

$$R1 = R2 \times \left(\frac{V_{AVDD}}{V_{FB2}} - 1 \right)$$

其中，V_{FB2}(升压调节器的反馈设置点)为2.0V。R1和R2应靠近IC放置。

环路补偿

选择R_{COMP}(图1中的R3)设置高频积分增益，以提供快速瞬态响应。选择C_{COMP}(图1中的C13)设置积分器零点，以保持环路的稳定性。

对于较低ESR的输出电容，可采用以下公式获得稳定的性能和较好的瞬态响应：

$$R_{COMP} \approx \frac{250 \times V_{IN} \times V_{AVDD} \times C_{AVDD}}{L_{AVDD} \times I_{AVDD(MAX)}}$$

$$C_{COMP} \approx \frac{V_{AVDD} \times C_{AVDD}}{20 \times I_{AVDD(MAX)} \times R_{COMP}}$$

若想获得更好的瞬态响应，可以20%的步长改变R_{COMP}，以50%的步长改变C_{COMP}，同时观察瞬态响应波形。

电荷泵

选择电荷泵级数

为了获得尽可能高的效率，应在满足输出电压要求的前提下选择级数最少的电荷泵。

下式给出了正电荷泵级数：

$$n_{POS} = \frac{V_{GON} - V_{SUPP}}{V_{SUPP} - (2 \times V_D) - (I_{GON} \times R_{EFF})}$$

其中：n_{POS}是正电荷泵级数，V_{GON}是正电荷泵的输出电压，I_{GON}是正电荷泵输出电流，V_{SUPP}是电荷泵调节器的电源电压，V_D是电荷泵二极管的正向压降，R_{EFF}是电荷泵开关的有效输出电阻(10Ω，典型值)。

下式给出了负电荷泵级数：

$$n_{NEG} = \frac{-V_{GOFF}}{V_{SUPP} - (2 \times V_D) - (I_{GOFF} \times R_{EFF})}$$

其中：n_{NEG}是负电荷泵级数，V_{GOFF}是负电荷泵输出电压，I_{GOFF}是负电荷泵输出电流。

上述公式均假定飞电容足够大，不会限制输出电流。

飞电容

增大飞电容(C_X)可降低等效的源阻抗，增大输出驱动能力。但当电容增大到一定程度后，对输出电流能力的影响将微乎其微，因为内部开关电阻和二极管阻抗限制了源阻抗的下限。除了低频率、低余量以及大电流应用场合外，采用0.1μF的陶瓷电容均能很好地满足要求，飞电容的额定电压必须大于：

$$V_{CX} > n \times V_{SUPP}$$

其中n是飞电容所在的级数。

用于LCD监视器/TV供电的低成本、多输出电源

电荷泵输出电容

减小飞电容可降低输出电压纹波。增大输出电容也可以降低输出纹波，改善瞬态响应。采用下式估算输出电压纹波：

$$V_{\text{RIPPLE_POS}} = \left[\frac{(\eta_{\text{POS}} + 1) \times V_{\text{SUPP}} - 2 \times \eta_{\text{POS}} \times V_{\text{D}} - V_{\text{OUT_POS}}}{\eta_{\text{POS}}} \right] \times \frac{C_{\text{X_POS}}}{C_{\text{OUT_POS}}}$$

$$V_{\text{RIPPLE_NEG}} = \left[\frac{\eta_{\text{NEG}} \times V_{\text{SUPP}} - 2 \times \eta_{\text{NEG}} \times V_{\text{D}} + V_{\text{OUT_NEG}}}{\eta_{\text{NEG}}} \right] \times \frac{C_{\text{X_NEG}}}{C_{\text{OUT_NEG}}}$$

其中， $V_{\text{OUT_POS}}$ 是正电荷泵输出电压， $C_{\text{X_POS}}$ 是正电荷泵的飞电容， $C_{\text{OUT_POS}}$ 是正电荷泵的输出电容， $V_{\text{OUT_NEG}}$ 是负电荷泵输出电压， $C_{\text{X_NEG}}$ 是负电荷泵的飞电容， $C_{\text{OUT_NEG}}$ 是负电荷泵的输出电容。

输出电压调节

通过连接在SRC和GND之间的电阻分压网络调节正电荷泵的输出电压，其电阻分压网络的中心抽头接FBP(图1)。分压电阻R7阻值较低，在10kΩ至30kΩ范围内选取。采用下列公式计算电阻R8：

$$R7 = R8 \times \left(\frac{V_{\text{GON}}}{V_{\text{FBP}}} - 1 \right)$$

其中 $V_{\text{FBP}} = 2\text{V}$ (典型值)。在R7两端增加一个小电容器(例如：10pF)以降低脉冲群和输出噪声。

通过连接在 V_{GOFF} 和REF之间的电阻分压器调节负电荷泵的输出电压，其电阻分压网络的中心抽头接FBN(图1)。R9在35kΩ和68kΩ之间选择。采用下列公式计算R10：

$$R10 = R9 \times \frac{V_{\text{FBN}} - V_{\text{GOFF}}}{V_{\text{REF}} - V_{\text{FBN}}}$$

其中， $V_{\text{FBN}} = 250\text{mV}$ ， $V_{\text{REF}} = 12\text{V}$ 。需要注意的是：REF仅能吸收50μA的电流，R9采用小于35kΩ的电阻，以获得高于REF所能提供的偏置电流。

PCB布局和接地

仔细的PCB布局对电路的正确工作非常重要。按照以下准则可实现良好的PCB布局：

- 1) 将每路DC-DC转换器的电感、二极管以及输出电容紧靠其输入电容以及LX_、GND_引脚放置，尽可能减小大电流环路的尺寸。对于降压调节器，大电流输入环路是从输入电容正极到IC的IN引脚，流经LX1、电感，然后至输出电容的正极，最后通过输出电容和输入电容接地端返回；输出大电流环路是从电感到输出电容的正极，流经输出电容的负极、肖特基二极管(D2)。对于升压调节器，输入大电流环路是从输入电容的正极开始，流经电感、IC的LX2引脚、GND2，到输入电容的负极；输出大电流环路是从输入电容的正极开始，经过电感、输出二极管(D1)、输出电容的正极，最后通过输出电容和输入电容接地端返回。应采用短且宽的布线连接环路中的元件，在大电流通路中应避免使用过孔。如果无法避免的话，应采用多个并行过孔，以减小电阻和电感。
- 2) 为降压调节器创建一个功率地岛(GND1)，包括输入和输出电容接地端和GND1引脚。采用尽可能短、宽的布线或小面积地层将这些引脚连接在一起。同样，为升压调节器创建一个功率地岛(GND2)，包括输入、输出电容的接地端和GND2引脚。尽量增大功率地的布线宽度，以提高效率，降低输出电压纹波和噪声尖峰。创建一个模拟地层(GND)，由GND引脚、所有反馈分压网络接地端、COMP和DEL电容接地端以及器件底部的裸焊盘组成，该地层需要大面积覆铜区或焊接面覆铜区，通过较大过孔或多个过孔连接至底层焊盘，改善器件散热。将三个接地引脚直接连接至裸露的底层焊盘来连接GND1、GND2和GND岛。除此之外，这些分离的地层之间不要再进行其它连接。

用于LCD监视器/TV供电的 低成本、多输出电源

- 3) 所有反馈分压器的电阻应尽可能靠近相应的反馈引脚放置。分压器中心抽头布线应尽量短。如果电阻放置得较远，较长的FB引线会成为拾取开关噪声的天线。需要特别注意的是：应避免任意反馈线靠近LX1、LX2、DRV_P或DRV_N。
- 4) IN引脚和REF引脚的旁路电容应尽可能靠近器件安装。INL旁路电容的接地点应采用宽引线直接与GND引脚连接。
- 5) 为获得最佳瞬态响应，输出电容至负载的布线要尽量短、尽可能宽。

- 6) 尽可能减小LX1和LX2节点的尺寸，使其足够宽且短。将LX1和LX2节点远离反馈点(FB1、FB2、FBP和FBN)以及模拟地。如有必要的话，可以用电源线作为屏蔽。

MAX8728评估板给出了一个正确的电路板布局实例，可作为设计参考。

芯片信息

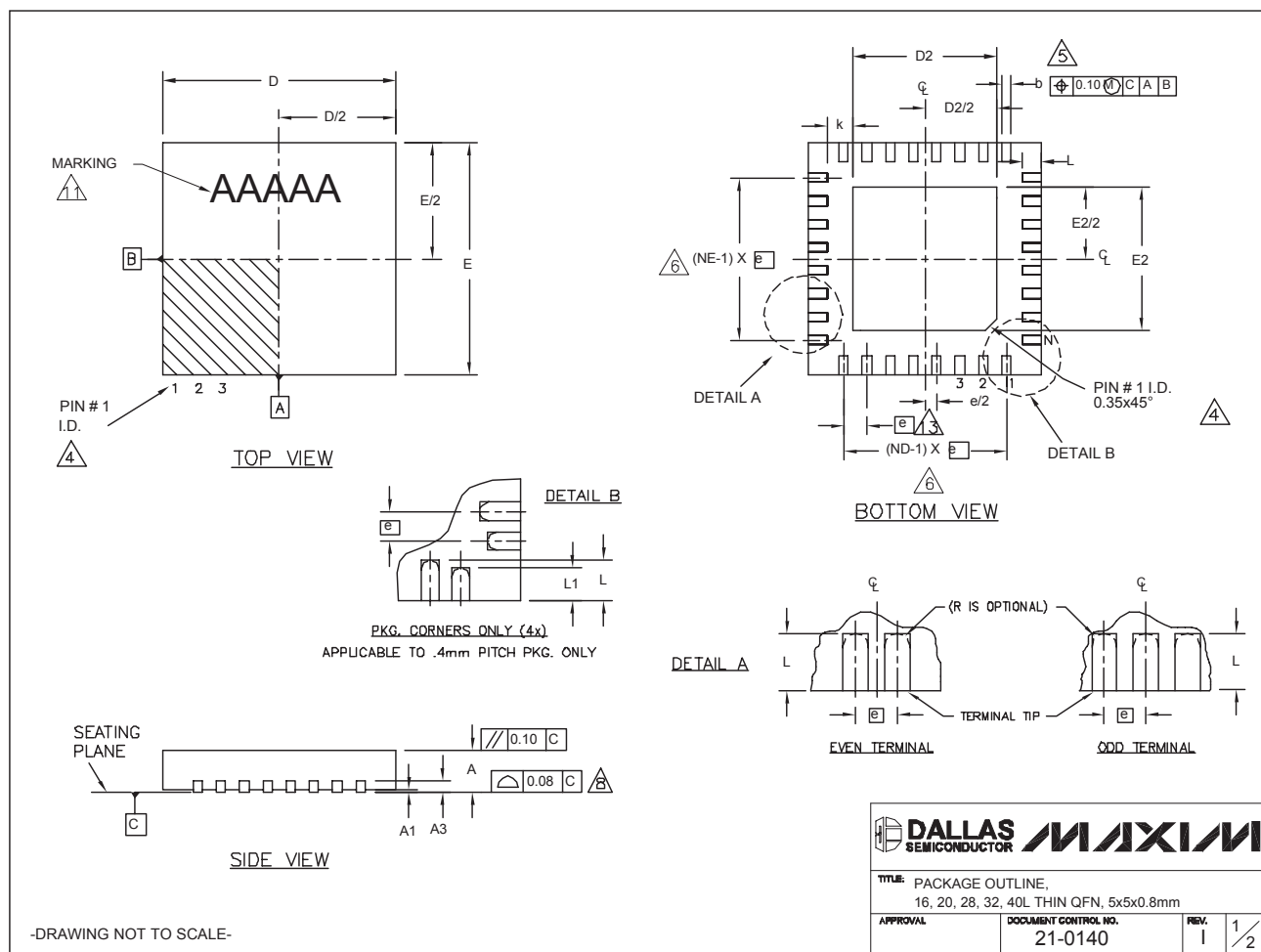
TRANSISTOR COUNT: 6752

PROCESS: BiCMOS

用于LCD监视器/TV供电的低成本、多输出电源

封装信息

(本数据资料提供的封装图可能不是最近的规格，如需最近的封装外型信息，请查询 www.maxim-ic.com.cn/packages.)



用于LCD监视器/TV供电的 低成本、多输出电源

封装信息(续)

(本数据资料提供的封装图可能不是最近的规格, 如需最近的封装外型信息, 请查询 www.maxim-integrated.com.cn/packages.)

MAX8728

COMMON DIMENSIONS															
PKG.	16L 5x5			20L 5x5			28L 5x5			32L 5x5			40L 5x5		
SYMBOL	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.
A	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80	0.70	0.75	0.80
A1	0	0.02	0.05	0	0.02	0.05	0	0.02	0.05	0	0.02	0.05	0	0.02	0.05
A3	0.20 REF.			0.20 REF.			0.20 REF.			0.20 REF.			0.20 REF.		
b	0.25	0.30	0.35	0.25	0.30	0.35	0.20	0.25	0.30	0.20	0.25	0.30	0.15	0.20	0.25
D	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10
E	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10	4.90	5.00	5.10
e	0.80 BSC.			0.65 BSC.			0.50 BSC.			0.50 BSC.			0.40 BSC.		
k	0.25	-	-	0.25	-	-	0.25	-	-	0.25	-	-	0.25	0.35	0.45
L	0.30	0.40	0.50	0.45	0.55	0.65	0.45	0.55	0.65	0.30	0.40	0.50	0.40	0.50	0.60
L1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.30	0.40	0.50
N	16			20			28			32			40		
ND	4			5			7			8			10		
NE	4			5			7			8			10		
JEDEC	WHHB			WHHC			WHHD-1			WHHD-2			-----		

NOTES:

1. DIMENSIONING & TOLERANCING CONFORM TO ASME Y14.5M-1994.
2. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS. ANGLES ARE IN DEGREES.
3. N IS THE TOTAL NUMBER OF TERMINALS.

△ THE TERMINAL #1 IDENTIFIER AND TERMINAL NUMBERING CONVENTION SHALL CONFORM TO JEDEC 95-1 SPP-012. DETAILS OF TERMINAL #1 IDENTIFIER ARE OPTIONAL, BUT MUST BE LOCATED WITHIN THE ZONE INDICATED. THE TERMINAL #1 IDENTIFIER MAY BE EITHER A MOLD OR MARKED FEATURE.

△ DIMENSION b APPLIES TO METALLIZED TERMINAL AND IS MEASURED BETWEEN 0.25 mm AND 0.30 mm FROM TERMINAL TIP.

△ ND AND NE REFER TO THE NUMBER OF TERMINALS ON EACH D AND E SIDE RESPECTIVELY.

7. DEPOPULATION IS POSSIBLE IN A SYMMETRICAL FASHION.

△ COPLANARITY APPLIES TO THE EXPOSED HEAT SINK SLUG AS WELL AS THE TERMINALS.

9. DRAWING CONFORMS TO JEDEC MO220, EXCEPT EXPOSED PAD DIMENSION FOR T2855-3 AND T2855-6.

△ WARPAGE SHALL NOT EXCEED 0.10 mm.

11. MARKING IS FOR PACKAGE ORIENTATION REFERENCE ONLY.

12. NUMBER OF LEADS SHOWN ARE FOR REFERENCE ONLY.

△ LEAD CENTERLINES TO BE AT TRUE POSITION AS DEFINED BY BASIC DIMENSION "e", ±0.05.

-DRAWING NOT TO SCALE-

EXPOSED PAD VARIATIONS								
PKG. CODES	D2			E2			L	DOWN BONDS ALLOWED
	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.	±0.15 exceptions	
T1655-2	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	YES
T1655-3	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	NO
T1655N-1	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	NO
T2055-3	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	YES
T2055-4	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	NO
T2055-5	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35	0.40	YES
T2855-3	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35	**	YES
T2855-4	2.60	2.70	2.80	2.60	2.70	2.80	**	YES
T2855-5	2.60	2.70	2.80	2.60	2.70	2.80	**	NO
T2855-6	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35	**	NO
T2855-7	2.60	2.70	2.80	2.60	2.70	2.80	**	YES
T2855-8	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35	0.40	YES
T2855N-1	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35	**	NO
T3255-3	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	YES
T3255-4	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	NO
T3255-5	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	YES
T3255N-1	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20	**	NO
T4055-1	3.20	3.30	3.40	3.20	3.30	3.40	**	YES

** SEE COMMON DIMENSIONS TABLE

TITLE: PACKAGE OUTLINE, 16, 20, 28, 32, 40L THIN QFN, 5x5x0.8mm	
APPROVAL	DOCUMENT CONTROL NO. 21-0140
REV. 1	2/2

MAXIM北京办事处

北京 8328信箱 邮政编码 100083

免费电话: 800 810 0310

电话: 010-6211 5199

传真: 010-6211 5299

Maxim不对Maxim产品以外的任何电路使用负责, 也不提供其专利许可。Maxim保留在任何时间、没有任何通报的前提下修改产品资料和规格的权利。

Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 (408) 737-7600 29