

EVALUATION KIT  
AVAILABLE

MAXIM

自動システムパワーセレクト付き  
各種バッテリー対応チャージャ

MAX1909/MAX8725

## 概要

高集積制御ICのMAX1909/MAX8725は、正確で効率がよい各種バッテリー用の充電器です。MAX1909/MAX8725は、充電電流と電圧の制御にアナログ入力電圧を使用し、ホストのマイクロコントローラ(μC)またはハードワイヤによって設定することができます。同期整流を行う降圧方式技術の使用によって高い効率を得ています。

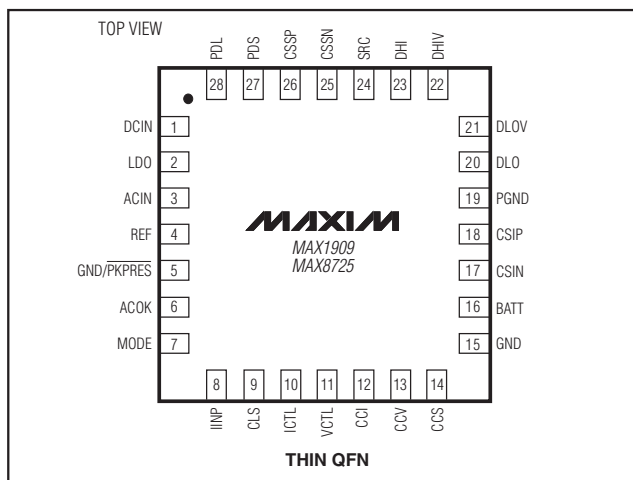
負荷とバッテリー充電器に同時に給電する場合、ACアダプタから引き出される最大電流は、ACアダプタの過負荷を避けるために設定可能です。MAX1909/MAX8725は、ACアダプタの存在を示すデジタル出力とACアダプタから引き出される電流を監視するアナログ出力を備えています。ACアダプタの有無に従って、MAX1909/MAX8725は、2つの外付けpチャンネルMOSFETを制御して、システムに給電する適切なソースを自動的に選択します。MAX1909/MAX8725は、バッテリーがシステム負荷を通して完全に放電して、その後でバッテリーが再充電される再学習またはコンディショニングサイクルに従うことを、システム制御によって行うことが可能です。

MAX8725にはありませんが、MAX1909はコンディショニング充電機能を備えています。MAX1909/MAX8725は省スペースの28ピン5mm x 5mmのTQFNパッケージで提供され、-40°C~+85°Cの拡張温度範囲で動作します。MAX1909/MAX8725は、鉛フリーパッケージをご利用いただけます。

## アプリケーション

ノートおよびサブノートコンピュータ  
携帯型データターミナル

## ピン配置



## 特長

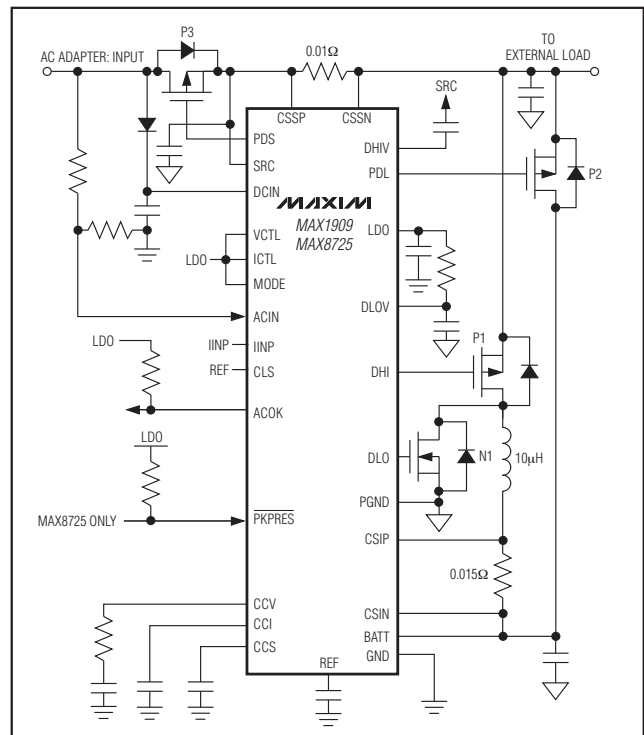
- ◆ 充電電圧精度(0°C~+85°C) : ±0.5%
- ◆ 入力電流制限精度 : ±3%
- ◆ 充電電流精度 : ±5%
- ◆ 設定可能な充電電流: 4A以上
- ◆ 自動システム電源選択
- ◆ アナログ入力制御による充電電流と充電電圧
- ◆ AC入力源から引き出される電流およびACアダプタの存在の監視出力
- ◆ 最大バッテリー電圧 : 17.65V
- ◆ 入力電圧 : 最大28V
- ◆ 効率: 95%以上
- ◆ 各種のバッテリー充電 : Li+ (リチウムイオン)、NiCd、NiMH、鉛蓄電池など

## 型番

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX1909ETI	-40°C to +85°C	28 Thin QFN
MAX1909ETI+	-40°C to +85°C	28 Thin QFN
MAX8725ETI	-40°C to +85°C	28 Thin QFN
MAX8725ETI+	-40°C to +85°C	28 Thin QFN

+は鉛フリーパッケージを示します。

## 最小動作回路



MAXIM

Maxim Integrated Products 1

本データシートに記載された内容はMaxim Integrated Productsの公式な英語版データシートを翻訳したものです。翻訳により生じる相違及び誤りについては責任を負いかねます。正確な内容の把握には英語版データシートをご参照ください。

無料サンプル及び最新版データシートの入手には、マキシムのホームページをご利用ください。http://japan.maxim-ic.com

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

MAX1909/MAX8725

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

DCIN, CSSP, CSSN, SRC, ACOK to GND.....-0.3V to +30V  
 DHIV .....SRC + 0.3, SRC - 6V  
 DHI, PDL, PDS to GND .....-0.3V to (V<sub>SRC</sub> + 0.3)  
 BATT, CSIP, CSIN to GND .....-0.3V to +20V  
 CSIP to CSIN or CSSP to CSSN or PGND to GND ...-0.3V to +0.3V  
 CCI, CCS, CCV, DLO, IINP, REF,  
 ACIN to GND .....-0.3V to (V<sub>LDO</sub> + 0.3V)  
 DLOV, VCTL, ICTL, MODE, CLS, LDO,  
 PKPRES to GND .....-0.3V to +6V

DLOV to LDO.....-0.3V to +0.3V  
 DLO to PGND .....-0.3V to (DLOV + 0.3V)  
 LDO Short-Circuit Current.....50mA  
 Continuous Power Dissipation (T<sub>A</sub> = +70°C)  
 28-Pin TQFN (derate 20.8mW/°C above +70°C) .....1666mW  
 Operating Temperature Range .....-40°C to +85°C  
 Junction Temperature .....+150°C  
 Storage Temperature Range .....-60°C to +150°C  
 Lead Temperature (soldering, 10s) .....+300°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<sub>DCIN</sub> = V<sub>CSSP</sub> = V<sub>CSSN</sub> = 18V, V<sub>BATT</sub> = V<sub>CSIP</sub> = V<sub>CSIN</sub> = 12V, V<sub>VCTL</sub> = V<sub>ICTL</sub> = 1.8V, MODE = float, ACIN = 0, CLS = REF, GND = PGND = 0, PKPRES = GND, LDO = DLOV, T<sub>A</sub> = 0°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T<sub>A</sub> = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>CHARGE VOLTAGE REGULATION</b>						
VCTL Range			0		3.6	V
Battery Regulation Voltage Accuracy		V <sub>VCTL</sub> = 3.6V (3 or 4 cells); not including VCTL resistor tolerances	-0.8		+0.8	%
		V <sub>VCTL</sub> = 3.6V/20 (3 or 4 cells); not including VCTL resistor tolerances	-0.8		+0.8	
		V <sub>VCTL</sub> = 3.6V (3 or 4 cells); including VCTL resistor tolerances of 1%	-1.0		+1.0	
		V <sub>VCTL</sub> = V <sub>LDO</sub> (3 or 4 cells, default threshold of 4.2V/cell)	-0.5		+0.5	
VCTL Default Threshold		V <sub>VCTL</sub> rising	4.1		4.3	V
VCTL Input Bias Current		V <sub>VCTL</sub> = 3V	0		2.5	μA
		V <sub>DCIN</sub> = 0, V <sub>VCTL</sub> = 5V	0		12	
<b>CHARGE-CURRENT REGULATION</b>						
ICTL Range		MAX1909	0		3.6	V
		MAX8725	0		3.2	
CSIP-to-CSIN Full-Scale Current-Sense Voltage			69.37	75.00	80.63	mV
Charge-Current Accuracy		MAX1909: V <sub>ICTL</sub> = 3.6V (not including ICTL resistor tolerances)	-7.5		+7.5	%
		MAX8725: V <sub>ICTL</sub> = 3.2V (not including ICTL resistor tolerances)	-5		+5	
		MAX1909: V <sub>ICTL</sub> = 3.6V × 0.5, MAX8725: V <sub>ICTL</sub> = 3.2V × 0.5 (not including ICTL resistor tolerances)	-5		+5	
		MAX1909: V <sub>ICTL</sub> = 0.9V (not including ICTL resistor tolerances)	-7.5		+7.5	
		MAX8725: V <sub>ICTL</sub> = 0.18V (not including ICTL resistor tolerances)	-30		+30	

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

MAX1909/MAX8725

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(Circuit of Figure 1,  $V_{DCIN} = V_{CSSP} = V_{CSSN} = 18V$ ,  $V_{BATT} = V_{CSIP} = V_{CSIN} = 12V$ ,  $V_{VCTL} = V_{ICTL} = 1.8V$ , MODE = float, ACIN = 0, CLS = REF, GND = PGND = 0, PKPRES = GND, LDO = DLOV,  $T_A = 0^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , unless otherwise noted. Typical values are at  $T_A = +25^{\circ}C$ .)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Charge-Current Accuracy		MAX1909: $V_{ICTL} = 3.6V \times 0.5$ , MAX8725: $V_{ICTL} = 3.2V \times 0.5$ (including ICTL resistor tolerances of 1%)	-7.0		+7.0	%
		$V_{ICTL} = V_{LDO}$ (default threshold of 45mV)	-5		+5	
$V_{ICTL}$ Default Threshold		$V_{ICTL}$ rising	4.1	4.2	4.3	V
BATT/CSIP/CSIN Input Voltage Range			0		19	V
CSIP/CSIN Input Current		Charging enabled		350	650	$\mu A$
		Charging disabled; $V_{DCIN} = 0$ or $V_{ICTL} = 0$		0.1	1	
ICTL Power-Down Mode Threshold Voltage		MAX1909			0.75	V
		MAX8725			0.06	
ICTL Power-Up Mode Threshold Voltage		MAX1909	0.85			V
		MAX8725	0.11			
ICTL Input Bias Current		$V_{ICTL} = 3V$	-1		+1	$\mu A$
		$V_{DCIN} = 0V$ , $V_{ICTL} = 5V$	-1		+1	
<b>INPUT CURRENT REGULATION</b>						
CSSP-to-CSSN Full-Scale Current-Sense Voltage			72.75	75.00	77.25	mV
Input Current-Limit Accuracy		$V_{CLS} = REF$	-3		+3	%
		$V_{CLS} = REF \times 0.75$	-3		+3	
		$V_{CLS} = REF \times 0.5$	-4		+4	
CSSP/CSSN Input Voltage Range			8.0		28	V
CSSP/CSSN Input Current		$V_{CSSP} = V_{CSSN} = V_{DCIN} > 8.0V$		450	730	$\mu A$
		$V_{DCIN} = 0$		0.1	1	
CLS Input Range			1.6		REF	V
CLS Input Bias Current		$V_{CLS} = 2.0V$	-1		+1	$\mu A$
IINP Transconductance		$V_{CSSP} - V_{CSSN} = 56mV$	2.7	3.0	3.3	$mA/V$
IINP Accuracy		$V_{CSSP} - V_{CSSN} = 75mV$ , terminated with $10k\Omega$	-7.5		+7.5	%
		$V_{CSSP} - V_{CSSN} = 56mV$ , terminated with $10k\Omega$	-5		+5	
		$V_{CSSP} - V_{CSSN} = 20mV$ , terminated with $10k\Omega$	-10		+10	
IINP Output Current		$V_{CSSP} - V_{CSSN} = 150mV$ , $V_{IINP} = 0V$	350			$\mu A$
IINP Output Voltage		$V_{CSSP} - V_{CSSN} = 150mV$ , $V_{IINP} = float$	3.5			V

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

MAX1909/MAX8725

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(Circuit of Figure 1,  $V_{DCIN} = V_{CSSP} = V_{CSSN} = 18V$ ,  $V_{BATT} = V_{CSIP} = V_{CSIN} = 12V$ ,  $V_{VCTL} = V_{ICTL} = 1.8V$ ,  $MODE = float$ ,  $ACIN = 0$ ,  $CLS = REF$ ,  $GND = PGND = 0$ ,  $PKPRES = GND$ ,  $LDO = DLOV$ ,  $T_A = 0^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , unless otherwise noted. Typical values are at  $T_A = +25^{\circ}C$ .)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>SUPPLY AND LINEAR REGULATOR</b>						
DCIN Input Voltage Range	$V_{DCIN}$		8.0		28	V
DCIN Undervoltage-Lockout Trip Point		DCIN falling	7	7.4		V
		DCIN rising		7.5	7.85	
DCIN Quiescent Current	$I_{DCIN}$	$8.0V < V_{DCIN} < 28V$		2.7	6	mA
BATT Input Current	$I_{BATT}$	$V_{BATT} = 19V$ , $V_{DCIN} = 0V$ , or $ICTL = 0V$		0.1	1	$\mu A$
		$V_{BATT} = 16.8V$ , $V_{DCIN} = 19V$ , $ICTL = 0V$		0.1	1	
		$V_{BATT} = 2V$ to $19V$ , $V_{DCIN} > V_{BATT} + 0.3V$		200	500	
LDO Output Voltage		$8.0V < V_{DCIN} < 28V$ , no load	5.25	5.4	5.55	V
LDO Load Regulation		$0 < I_{LDO} < 10mA$		80	115	mV
LDO Undervoltage-Lockout Trip Point		$V_{DCIN} = 8.0V$	3.20	4	5.15	V
<b>REFERENCE</b>						
REF Output Voltage	Ref	$0 < I_{REF} < 500\mu A$	4.2023	4.2235	4.2447	V
REF Undervoltage-Lockout Trip Point		REF falling		3.1	3.9	V
<b>TRIP POINTS</b>						
BATT POWER_FAIL Threshold		$V_{DCIN} - V_{BATT}$ , $V_{DCIN}$ falling	50	100	150	mV
BATT POWER_FAIL Threshold Hysteresis			100	200	300	mV
ACIN Threshold		ACIN rising	2.007	2.048	2.089	V
ACIN Threshold Hysteresis			10	20	30	mV
ACIN Input Bias Current		$V_{ACIN} = 2.048V$	-1		+1	$\mu A$
<b>SWITCHING REGULATOR</b>						
DHI Off-Time		$V_{BATT} = 16.0V$ , $V_{DCIN} = 19V$ , $V_{MODE} = 3.6V$	360	400	440	ns
DHI Minimum Off-Time		$V_{BATT} = 16.0V$ , $V_{DCIN} = 17V$ , $V_{MODE} = 3.6V$	260	300	350	ns
DLOV Supply Current	$I_{DLOV}$	DLO low		5	10	$\mu A$
Sense Voltage for Minimum Discontinuous Mode Ripple Current				7.5		mV
Cycle-by-Cycle Current-Limit Sense Voltage				97		mV
Sense Voltage for Battery Undervoltage Charge Current		MAX1909 only, BATT = 3.0V per cell	3	4.5	6	mV
Battery Undervoltage Threshold		MAX1909 only, MODE = float (3 cell), $V_{BATT}$ rising	9.18		9.42	V
		MAX1909 only, MODE = LDO (4 cell), $V_{BATT}$ rising	12.235		12.565	
DHIV Output Voltage		With respect to SRC	-4.5	-5.0	-5.5	V

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

MAX1909/MAX8725

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(Circuit of Figure 1,  $V_{DCIN} = V_{CSSP} = V_{CSSN} = 18V$ ,  $V_{BATT} = V_{CSIP} = V_{CSIN} = 12V$ ,  $V_{VCTL} = V_{ICTL} = 1.8V$ ,  $MODE = float$ ,  $ACIN = 0$ ,  $CLS = REF$ ,  $GND = PGND = 0$ ,  $\overline{PKPRES} = GND$ ,  $LDO = DLOV$ ,  $T_A = 0^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , unless otherwise noted. Typical values are at  $T_A = +25^{\circ}C$ .)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
DHIV Sink Current			10			mA
DHI On-Resistance Low		$DHI = V_{DHIV}$ , $I_{DHI} = -10mA$		2	5	$\Omega$
DHI On-Resistance High		$DHI = V_{CSSN}$ , $I_{DHI} = 10mA$		2	4	$\Omega$
DLO On-Resistance High		$V_{DLOV} = 4.5V$ , $I_{DLO} = +100mA$		3	7	$\Omega$
DLO On-Resistance Low		$V_{DLOV} = 4.5V$ , $I_{DLO} = -100mA$		1	3	$\Omega$
<b>ERROR AMPLIFIERS</b>						
GMV Loop Transconductance		$V_{CTL} = 3.6$ , $V_{BATT} = 16.8V$ , $MODE = LDO$	0.0625	0.125	0.2500	mA/V
		$V_{CTL} = 3.6$ , $V_{BATT} = 12.6V$ , $MODE = FLOAT$	0.0833	0.167	0.3330	
GMI Loop Transconductance		MAX1909: $I_{CTL} = 3.6V$ , MAX8725: $V_{ICTL} = 3.2V$ , $V_{CSSP} - V_{CSIN} = 75mV$	0.5	1	2	mA/V
GMS Loop Transconductance		$V_{CLS} = 2.048V$ , $V_{CSSP} - V_{CSSN} = 75mV$	0.5	1	2	mA/V
CCI/CCS/CCV Clamp Voltage		$0.25V < V_{CCV} < 2.0V$ , $0.25V < V_{CCI} < 2.0V$ , $0.25V < V_{CCS} < 2.0V$	150	300	600	mV
<b>LOGIC LEVELS</b>						
MODE Input Low Voltage					0.8	V
MODE Input Middle Voltage			1.6	1.8	2.0	V
MODE Input High Voltage			2.8			V
MODE Input Bias Current		$MODE = 0V$ or $3.6V$	-2		+2	$\mu A$
<b>ACOK AND <math>\overline{PKPRES}</math></b>						
ACOK Input Voltage Range			0		28	V
ACOK Sink Current		$V_{ACOK} = 0.4V$ , $ACIN = 1.5V$	1			mA
ACOK Leakage Current		$V_{ACOK} = 28V$ , $ACIN = 2.5V$			1	$\mu A$
$\overline{PKPRES}$ Input Voltage Range			0		LDO	V
$\overline{PKPRES}$ Input Bias Current			-1		+1	$\mu A$
$\overline{PKPRES}$ Battery Removal Detect Threshold		MAX8725, $\overline{PKPRES}$ rising	55			% of LDO
$\overline{PKPRES}$ Hysteresis		MAX8725		1		%
<b>PDS, PDL SWITCH CONTROL</b>						
PDS Switch Turn-Off Threshold		$V_{DCIN} - V_{BATT}$ , $V_{DCIN}$ falling	50	100	150	mV
PDS Switch Threshold Hysteresis		$V_{DCIN} - V_{BATT}$	100	200	300	mV
PDS Output Low Voltage, PDS Below SRC		$I_{PDS} = 0A$	8	10	12	V
PDS Turn-On Current		$PDS = SRC$	6	12		mA
PDS Turn-Off Current		$V_{PDS} = V_{SRC} - 2V$ , $V_{DCIN} = 16V$	10	50		mA
PDL Switch Turn-On Threshold		$V_{DCIN} - V_{BATT}$ , $V_{DCIN}$ falling	50	100	150	mV
PDL Switch Threshold Hysteresis		$V_{DCIN} - V_{BATT}$	100	200	300	mV

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

MAX1909/MAX8725

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(Circuit of Figure 1,  $V_{DCIN} = V_{CSP} = V_{CSSN} = 18V$ ,  $V_{BATT} = V_{CSIP} = V_{CSIN} = 12V$ ,  $V_{VCTL} = V_{ICTL} = 1.8V$ , MODE = float, ACIN = 0, CLS = REF, GND = PGND = 0, PKPRES = GND, LDO = DLOV,  $T_A = 0^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , unless otherwise noted. Typical values are at  $T_A = +25^{\circ}C$ .)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
PDL Turn-On Resistance		PDL = GND	50	100	150	k $\Omega$
PDL Turn-Off Current		$V_{SRC} - V_{PDL} = 1.5V$	6	12		mA
SRC Input Bias Current		SRC = 19V, DCIN = 0V			1	$\mu A$
		SRC = 19, $V_{BATT} = 16V$		450	1000	
Delay Time Between PDL and PDS Transitions			2.5	5	7.5	$\mu s$

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Circuit of Figure 1,  $V_{DCIN} = V_{CSP} = V_{CSSN} = 18V$ ,  $V_{BATT} = V_{CSIP} = V_{CSIN} = 12V$ ,  $V_{VCTL} = V_{ICTL} = 1.8V$ , MODE = float, ACIN = 0, CLS = REF, GND = PGND = 0, PKPRES = GND, LDO = DLOV,  $T_A = -40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>CHARGE VOLTAGE REGULATION</b>						
VCTL Range			0		3.6	V
Battery Regulation Voltage Accuracy		$V_{VCTL} = 3.6V$ (3 or 4 cells); not including VCTL resistor tolerances	-0.8		+0.8	%
		$V_{VCTL} = 3.6V/20$ (3 or 4 cells); not including VCTL resistor tolerances	-0.8		+0.8	
		$V_{VCTL} = 3.6V$ (3 or 4 cells); including VCTL resistor tolerances of 1%	-1.0		+1.0	
		$V_{VCTL} = V_{LDO}$ (3 or 4 cells, default threshold of 4.2V/cell)	-0.8		+0.8	
VVCTL Default Threshold		$V_{VCTL}$ rising	4.1		4.3	V
VCTL Input Bias Current		$V_{VCTL} = 3V$	0		2.5	$\mu A$
		$V_{DCIN} = 0V$ , $V_{VCTL} = 5V$	0		12	
<b>CHARGE-CURRENT REGULATION</b>						
ICTL Range		MAX1909	0		3.6	V
		MAX8725	0		3.2	
CSIP-to-CSIN Full-Scale Current-Sense Voltage			69.37		80.63	mV
Charge-Current Accuracy		MAX1909: $V_{ICTL} = 3.6V$ (not including ICTL resistor tolerances)	-7.5		+7.5	%
		MAX8725: $V_{ICTL} = 3.2V$ (not including ICTL resistor tolerances)	-5		+5	
		MAX1909: $V_{ICTL} = 3.6V \times 0.5$ , MAX8725: $V_{ICTL} = 3.2V \times 0.5$ (not including ICTL resistor tolerances)	-5		+5	
		MAX1909: $V_{ICTL} = 0.9V$ (not including ICTL resistor tolerances)	-7.5		+7.5	
		MAX8725: $V_{ICTL} = 0.18V$ (not including ICTL resistor tolerances)	-30		+30	

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

MAX1909/MAX8725

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(Circuit of Figure 1,  $V_{DCIN} = V_{CSSP} = V_{CSSN} = 18V$ ,  $V_{BATT} = V_{CSIP} = V_{CSIN} = 12V$ ,  $V_{VCTL} = V_{ICTL} = 1.8V$ , MODE = float, ACIN = 0, CLS = REF, GND = PGND = 0, PKPRES = GND, LDO = DLOV,  $T_A = -40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Charge-Current Accuracy		MAX1909: $V_{ICTL} = 3.6V \times 0.5$ , MAX8725: $V_{ICTL} = 3.2V \times 0.5$ (including ICTL resistor tolerances of 1%)	-7.0		+7.0	%
		$V_{ICTL} = V_{LDO}$ (default threshold of 45mV)	-5		+5	
$V_{ICTL}$ Default Threshold		$V_{ICTL}$ rising	4.3			V
BATT/CSIP/CSIN Input Voltage Range			0		19	V
CSIP/CSIN Input Current		Charging enabled			650	$\mu A$
ICTL Power-Down Mode Threshold Voltage		MAX1909			0.75	V
		MAX8725			0.06	
ICTL Power-Up Mode Threshold Voltage		MAX1909	0.85			V
		MAX8725	0.11			
<b>INPUT CURRENT REGULATION</b>						
CSSP-to-CSSN Full-Scale Current-Sense Voltage			72.75		77.25	mV
Input Current-Limit Accuracy		$V_{CLS} = REF$	-3		+3	%
		$V_{CLS} = REF \times 0.75$	-3		+3	
		$V_{CLS} = REF \times 0.5$	-4		+4	
CSSP/CSSN Input Voltage Range			8.0		28	V
CSSP/CSSN Input Current		$V_{CSSP} = V_{CSSN} = V_{DCIN} > 8.0V$			730	$\mu A$
CLS Input Range			1.6		REF	V
IINP Transconductance		$V_{CSSP} - V_{CSSN} = 56mV$	2.7		3.3	$mA/V$
IINP Accuracy		$V_{CSSP} - V_{CSSN} = 75mV$ , terminated with $10k\Omega$	-7.5		+7.5	%
		$V_{CSSP} - V_{CSSN} = 56mV$ , terminated with $10k\Omega$	-5		+5	
		$V_{CSSP} - V_{CSSN} = 20mV$ , terminated with $10k\Omega$	-10		+10	
IINP Output Current		$V_{CSSP} - V_{CSSN} = 150mV$ , $V_{IINP} = 0V$	350			$\mu A$
IINP Output Voltage		$V_{CSSP} - V_{CSSN} = 150mV$ , $V_{IINP} = float$	3.5			V
<b>SUPPLY AND LINEAR REGULATOR</b>						
DCIN Input Voltage Range	$V_{DCIN}$		8.0		28	V
DCIN Undervoltage-Lockout Trip Point		DCIN falling	7			V
		DCIN rising			7.85	
DCIN Quiescent Current	$I_{DCIN}$	$8.0V < V_{DCIN} < 28V$			6	$mA$
BATT Input Current	$I_{BATT}$	$V_{BATT} = 2V$ to $19V$ , $V_{DCIN} > V_{BATT} + 0.3V$			500	$\mu A$
LDO Output Voltage		$8.0V < V_{DCIN} < 28V$ , no load	5.25		5.55	V
LDO Load Regulation		$0 < I_{LDO} < 10mA$			115	mV

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

MAX1909/MAX8725

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

(Circuit of Figure 1,  $V_{DCIN} = V_{CSSP} = V_{CSSN} = 18V$ ,  $V_{BATT} = V_{CSIP} = V_{CSIN} = 12V$ ,  $V_{VCTL} = V_{ICTL} = 1.8V$ , MODE = float, ACIN = 0, CLS = REF, GND = PGND = 0, PKPRES = GND, LDO = DLOV,  $T_A = -40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
LDO Undervoltage-Lockout Trip Point		$V_{DCIN} = 8.0V$	3.20		5.15	V
<b>REFERENCE</b>						
REF Output Voltage	Ref	$0 < I_{REF} < 500\mu A$	4.1960		4.2520	V
REF Undervoltage-Lockout Trip Point		REF falling			3.9	V
<b>TRIP POINTS</b>						
BATT POWER_FAIL Threshold		$V_{DCIN} - V_{BATT}$ , $V_{DCIN}$ falling	50		150	mV
BATT POWER_FAIL Threshold Hysteresis			100		300	mV
ACIN Threshold		ACIN rising	2.007		2.089	V
ACIN Threshold Hysteresis			10		30	mV
<b>SWITCHING REGULATOR</b>						
DHI Off-Time		$V_{BATT} = 16.0V$ , $V_{DCIN} = 19V$ , $V_{MODE} = 3.6V$	360		440	ns
DHI Minimum Off-Time		$V_{BATT} = 16.0V$ , $V_{DCIN} = 17V$ , $V_{MODE} = 3.6V$	260		350	ns
DLOV Supply Current	$I_{DLOV}$	DLO low			10	$\mu A$
Sense Voltage for Battery Undervoltage Charge Current		MAX1909 only, BATT = 3.0V per cell	3		6	mV
Battery Undervoltage Threshold		MAX1909 only, MODE = float (3 cell), $V_{BATT}$ rising	9.18		9.42	V
		MAX1909 only, MODE = LDO (4 cell), $V_{BATT}$ rising	12.235		12.565	
DHIV Output Voltage		With respect to SRC	-4.5		-5.5	V
DHIV Sink Current			10			mA
DHI On-Resistance Low		$DHI = V_{DHIV}$ , $I_{DHI} = -10mA$			5	$\Omega$
DHI On-Resistance High		$DHI = V_{CSSN}$ , $I_{DHI} = 10mA$			4	$\Omega$
DLO On-Resistance High		$V_{DLOV} = 4.5V$ , $I_{DLO} = +100mA$			7	$\Omega$
DLO On-Resistance Low		$V_{DLOV} = 4.5V$ , $I_{DLO} = -100mA$			3	$\Omega$
<b>ERROR AMPLIFIERS</b>						
GMV Loop Transconductance		$V_{CTL} = 3.6$ , $V_{BATT} = 16.8V$ , MODE = LDO	0.0625		0.2500	mA/V
		$V_{CTL} = 3.6$ , $V_{BATT} = 12.6V$ , MODE = FLOAT	0.0833		0.3330	
GMI Loop Transconductance		MAX1909: $ICTL = 3.6V$ , MAX8725: $V_{ICTL} = 3.2V$ , $V_{CSSP} - V_{CSIN} = 75mV$	0.5		2.0	mA/V
GMS Loop Transconductance		$V_{CLS} = 2.048V$ , $V_{CSSP} - V_{CSSN} = 75mV$	0.5		2.0	mA/V
CCI/CCS/CCV Clamp Voltage		$0.25V < V_{CCV} < 2.0V$ , $0.25V < V_{CCI} < 2.0V$ , $0.25V < V_{CCS} < 2.0V$	150		600	mV
<b>LOGIC LEVELS</b>						
MODE Input Low Voltage					0.8	V
MODE Input Middle Voltage			1.6		2.0	V

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

MAX1909/MAX8725

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

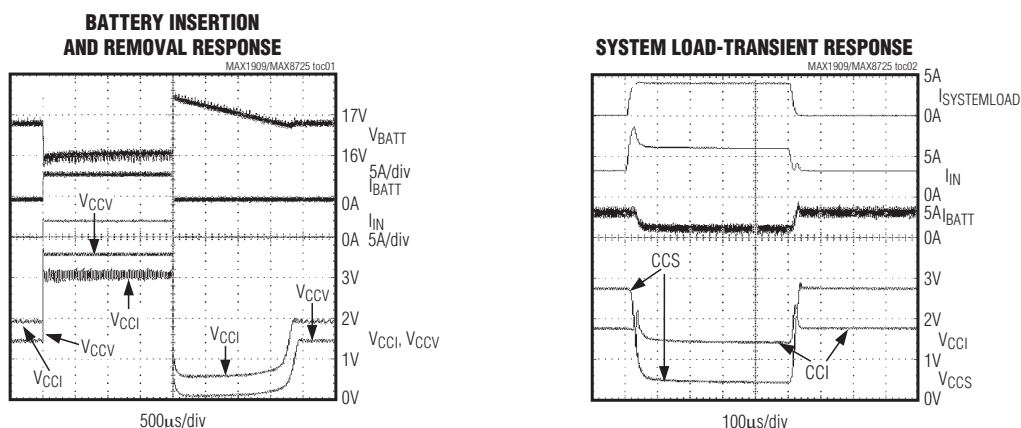
(Circuit of Figure 1,  $V_{DCIN} = V_{CSSP} = V_{CSSN} = 18V$ ,  $V_{BATT} = V_{CSIP} = V_{CSIN} = 12V$ ,  $V_{VCTL} = V_{ICTL} = 1.8V$ , MODE = float, ACIN = 0, CLS = REF, GND = PGND = 0, PKPRES = GND, LDO = DLOV,  $T_A = -40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
MODE Input High Voltage			2.8			V
<b>ACOK AND PKPRES</b>						
ACOK Input Voltage Range			0		28	V
ACOK Sink Current		$V_{ACOK} = 0.4V$ , ACIN = 1.5V	1			mA
PKPRES Input Voltage Range			0		LDO	V
PKPRES Battery Removal Detect Threshold		MAX8725, PKPRES rising	55			% of LDO
<b>PDS, PDL SWITCH CONTROL</b>						
PDS Switch Turn-Off Threshold		$V_{DCIN} - V_{BATT}$ , $V_{DCIN}$ falling	50		150	mV
PDS Switch Threshold Hysteresis		$V_{DCIN} - V_{BATT}$	100		300	mV
PDS Output Low Voltage, PDS Below SRC		$I_{PDS} = 0A$	8		12	V
PDS Turn-On Current		PDS = SRC	6			mA
PDS Turn-Off Current		$V_{PDS} = V_{SRC} - 2V$ , $V_{DCIN} = 16V$	10			mA
PDL Switch Turn-On Threshold		$V_{DCIN} - V_{BATT}$ , $V_{DCIN}$ falling	50		150	mV
PDL Switch Threshold Hysteresis		$V_{DCIN} - V_{BATT}$	100		300	mV
PDL Turn-On Resistance		PDL = GND	50		150	k $\Omega$
PDL Turn-Off Current		$V_{SRC} - V_{PDL} = 1.5V$	6			mA
SRC Input Bias Current		SRC = 19, $V_{BATT} = 16V$			1000	$\mu A$

**Note 1:** Guaranteed by design. Not production tested.

## 標準動作特性

(Circuit of Figure 2,  $V_{DCIN} = 20V$ , charge current = 3A, 4 Li+ series cells,  $T_A = +25^{\circ}C$ , unless otherwise noted.)

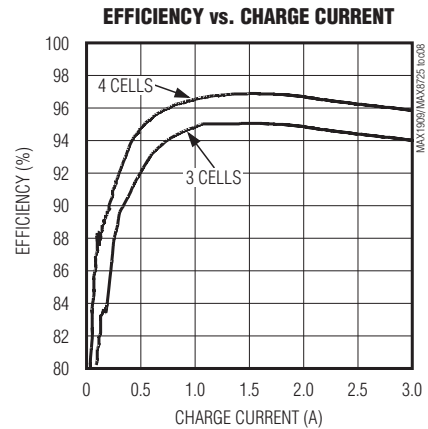
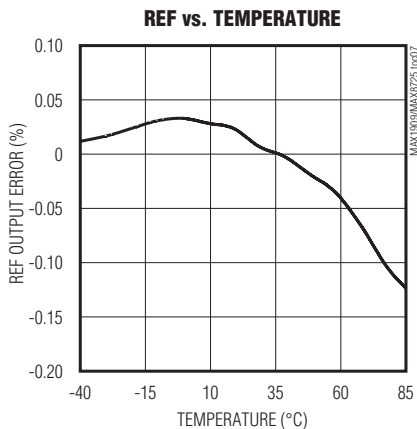
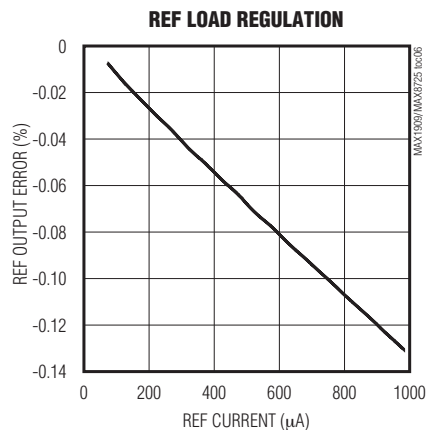
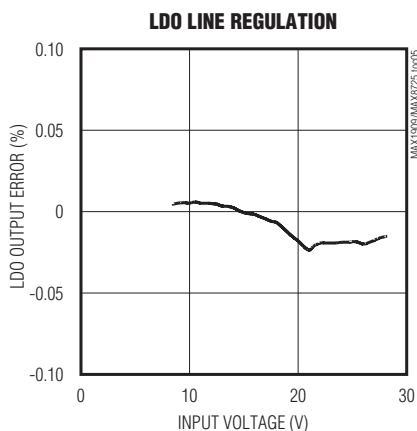
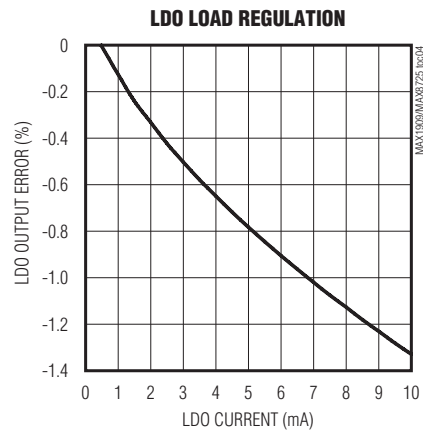
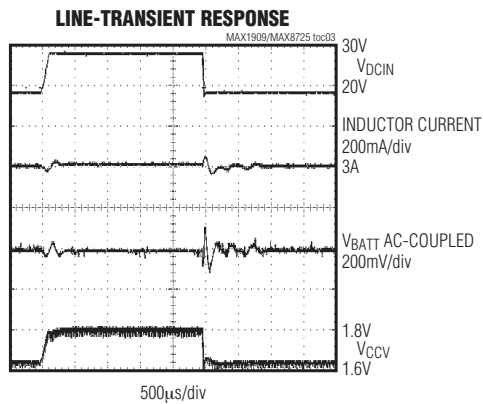


# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

MAX1909/MAX8725

## 標準動作特性(続き)

(Circuit of Figure 2,  $V_{DCIN} = 20V$ , charge current = 3A, 4 Li+ series cells,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)

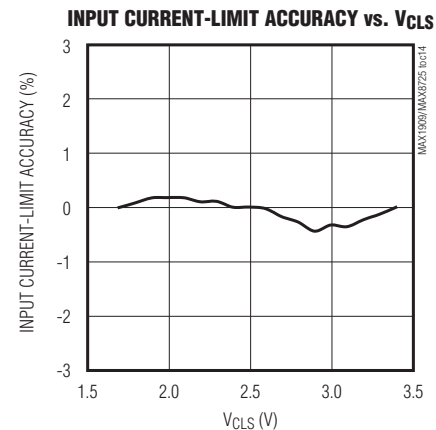
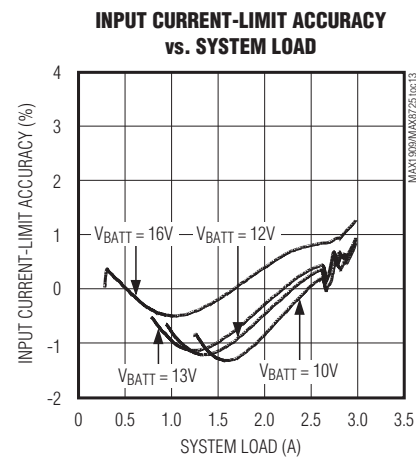
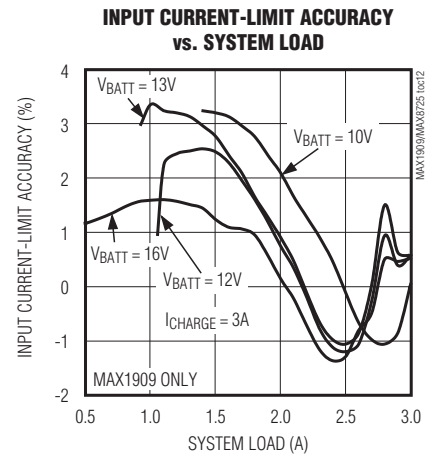
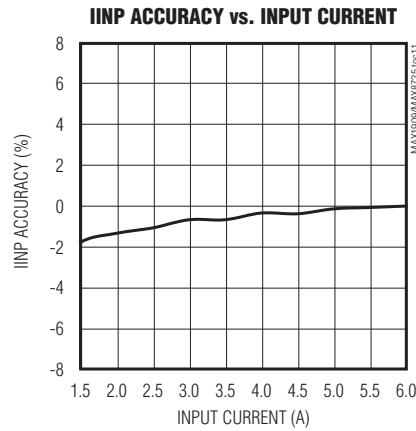
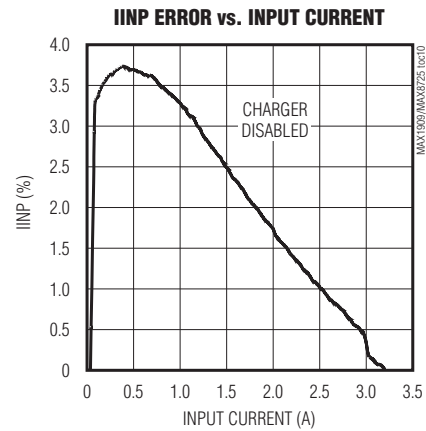
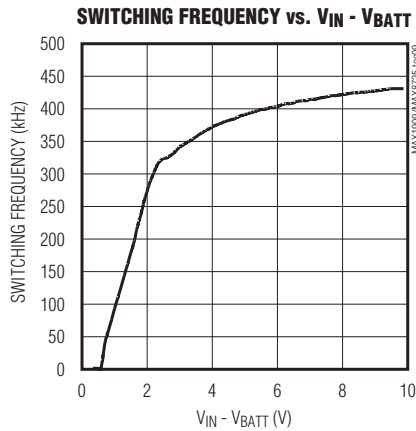


# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

MAX1909/MAX8725

## 標準動作特性(続き)

(Circuit of Figure 2,  $V_{DCIN} = 20V$ , charge current = 3A, 4 Li+ series cells,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)

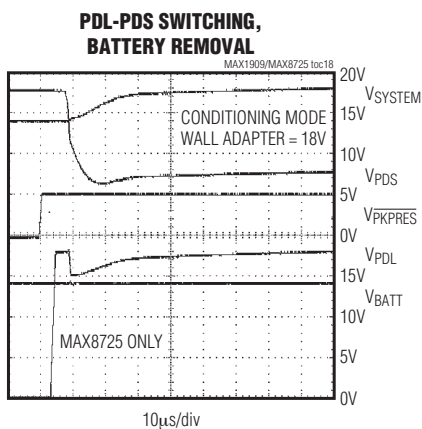
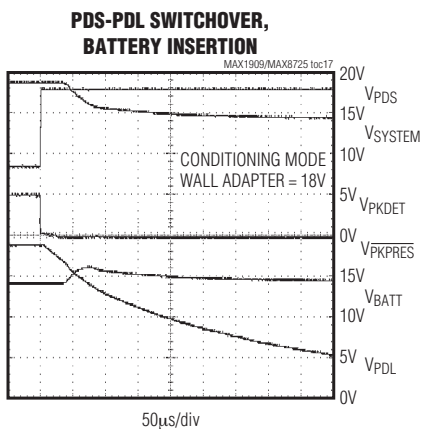
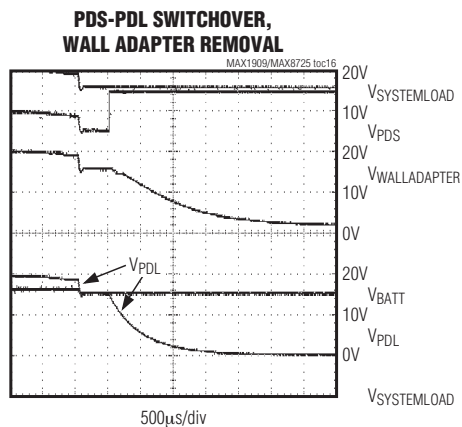
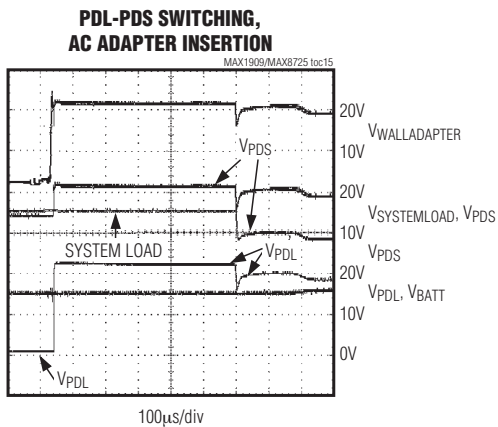


# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

MAX1909/MAX8725

## 標準動作特性(続き)

(Circuit of Figure 2,  $V_{DCIN} = 20V$ , charge current = 3A, 4 Li+ series cells,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)



# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

MAX1909/MAX8725

## 端子説明

端子	名称	機能
1	DCIN	DC電源電圧入力。DCINは1 $\mu$ Fのコンデンサで電源グラウンドにバイパスします。
2	LDO	デバイス電源。DCINから給電される5.4Vのリニアレギュレータ出力。1 $\mu$ Fのコンデンサでバイパスします。
3	ACIN	AC検出入力。この汎用コンパレータ入力、充電器電源の存在の検出に使用可能です。コンパレータのオープンドレイン出力はACOK信号です。
4	REF	4.2235Vの電圧リファレンス。1 $\mu$ FのコンデンサでGNDにバイパスします。
5	GND	MAX1909:この端子をグラウンドします。
	PKPRES	MAX8725:PKPRESをハイに強制すると充電がディセーブルされます。バッテリーパックの存在検出に使用します。
6	ACOK	AC検出出力。ACINが2.048Vよりも大きいと、ハイ電圧のオープンドレイン出力はハイインピーダンスになります。ACOK出力は、MAX1909/MAX8725が電源断の場合にハイインピーダンスに留まります。
7	MODE	セル数の設定とコンディショニングモードにするための3値入力。 MODE = GNDは、コンディショニングモードに設定。 MODE = 無接続にすると、VCTLで設定するセル電圧の3倍で充電します。 MODE = LDOにすると、VCTLで設定するセル電圧の4倍で充電します。
8	IINP	入力電流の監視出力。IINP出力にもたらされる電流は、システム負荷電流にCSSP入力とCSSN入力間で検出される入力換算充電電流を加算した値を一定の割合で減じたものです。(CSSP - CSSN)からIINPへのトランスコンダクタンスは3mA/Vです。
9	CLS	ソース電流制限入力。入力ソースの電流制限値を設定するための電圧入力。
10	ICTL	最大出力電流を設定するための入力。
11	VCTL	最大出力電圧を設定するための入力。
12	CCI	出力電流レギュレーションのループ補償ポイント。0.01 $\mu$ FをGNDに接続します。
13	CCV	電圧レギュレーションのループ補償ポイント。10k $\Omega$ と0.1 $\mu$ Fを直列にしてGNDに接続します。
14	CCS	入力電流レギュレーションのループ補償ポイント。0.01 $\mu$ FをGNDに接続します。
15	GND	アナロググラウンド
16	BATT	バッテリー電圧フィードバック入力
17	CSIN	出力電流検出の負入力
18	CSIP	出力電流検出の正入力。CSIPとCSINの間に電流検出抵抗を接続します。
19	PGND	電源グラウンド
20	DLO	ローサイドのパワーMOSFETドライバ出力。ローサイドNMOSのゲートに接続します。MAX1909/MAX8725がシャットダウンされた場合、DLO出力はローになります。
21	DLOV	ローサイドドライバ電源。1 $\mu$ Fのコンデンサでグラウンドにバイパスします。
22	DHIV	ハイサイドドライバ電源。0.1 $\mu$ FのコンデンサでSRCにバイパスします。
23	DHI	ハイサイドパワーMOSFETのドライバ出力。ハイサイドPMOSのゲートに接続します。MAX1909/MAX8725がシャットダウンされた場合、DHI出力はハイになります。
24	SRC	PDS/PDLスイッチドライバ用のソース接続。SRCは1 $\mu$ Fのセラミックコンデンサで電源グラウンドにバイパスします。
25	CSSN	充電器の入力電流検出(負入力)
26	CSSP	充電器の入力電流検出(正入力)。CSSPとCSSN間に電流検出抵抗を接続します。
27	PDS	電源PMOSスイッチ用ドライバ出力。MAX1909/MAX8725が電源断になると、PDS出力は内蔵の1M $\Omega$ の抵抗を通してSRCに強制されます。
28	PDL	システム負荷PMOSスイッチ用ドライバ出力。MAX1909/MAX8725が電源断になると、PDL出力は内蔵の100k $\Omega$ の抵抗を通してグラウンドに強制されます。

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

MAX1909/MAX8725

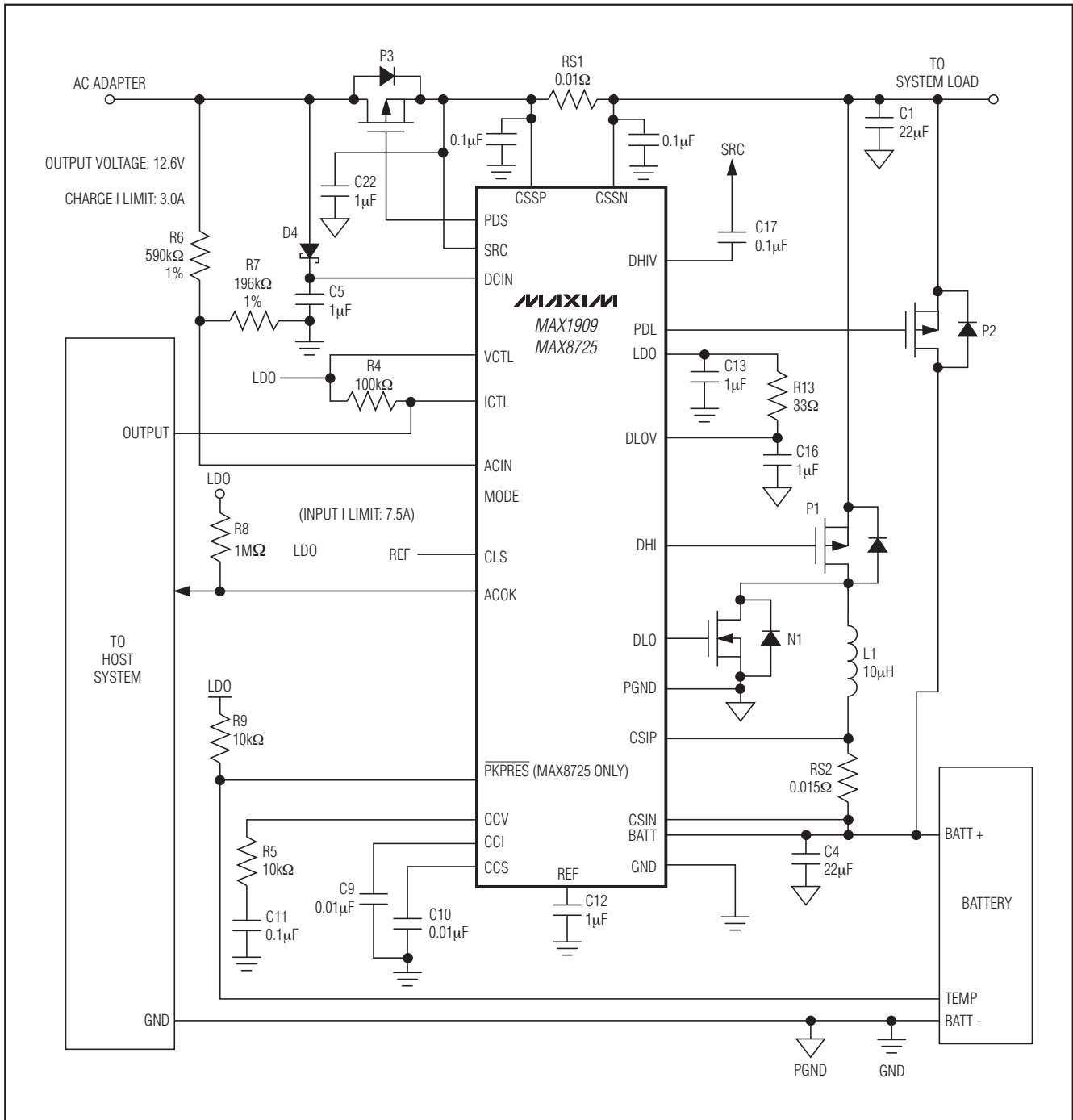


図1. ハードワイヤ制御を用いた標準動作回路

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

MAX1909/MAX8725

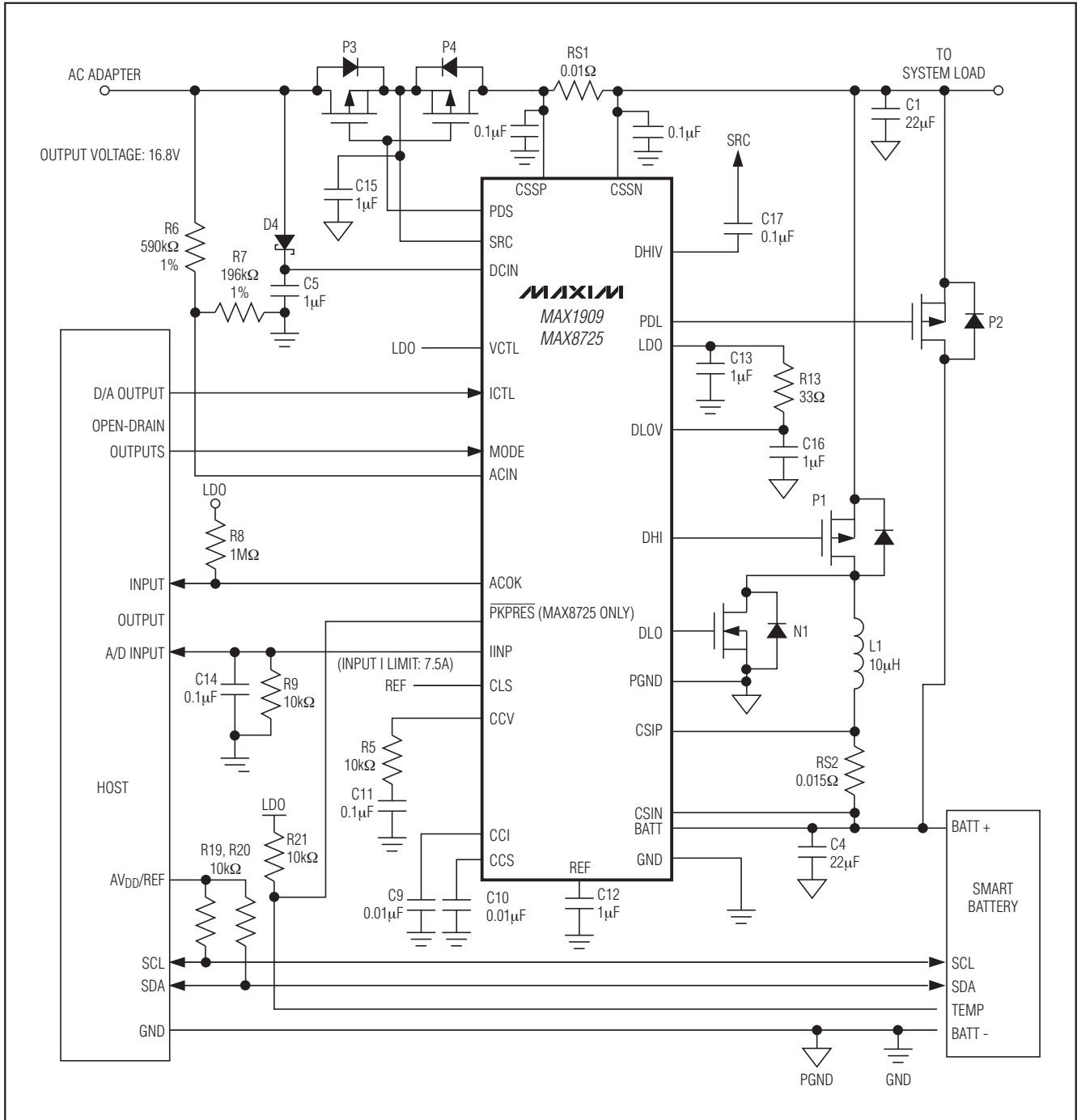


図2. ホストのマイクロコントローラを用いたスマートバッテリー充電器回路

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

MAX1909/MAX8725

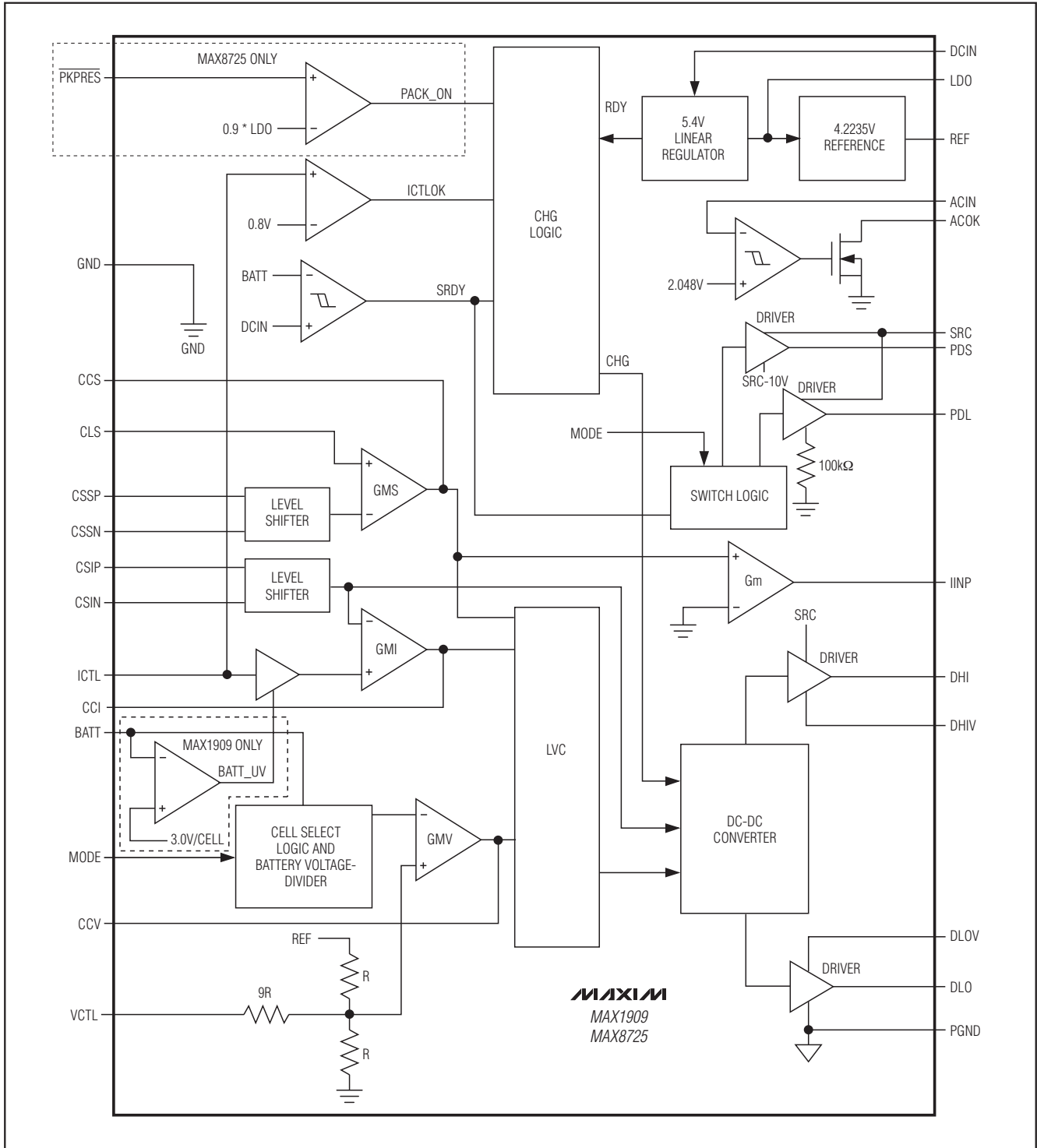


図3. ファンクション図

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

## 詳細

MAX1909/MAX8725には、Li+、NiMH、およびNiCdバッテリーの充電に必要な機能がすべて含まれています。高効率で同期整流のステップダウンDC-DCコンバータは、入力電流制限付きの高精度の定電流で定電圧の充電器を実装するために使用します。このDC-DCコンバータは、降圧スイッチおよび同期整流器として外付けのpチャネル/nチャネルMOSFETを使用して、入力電圧を所要の充電電流および電圧に変換します。充電電流アンプおよび入力電流制限検出アンプは、小さい入力換算オフセット誤差を持っており、小さい値の検出抵抗を使用することができます。MAX1909/MAX8725は、1つの電圧レギュレーションループ(CCV)と2つの電流レギュレーションループ(CCIとCCS)を備えています。CCV電圧レギュレーションループはBATTを監視して、その電圧がVCTLによって設定された電圧を超過しないようにします。CCIバッテリー電流レギュレーションループはBATTに供給される電流を監視して、それがICTLによって設定される電流制限を超えないようにします。システム負荷と入力換算充電電流の和がCLSによって設定される電源電流制限を超えると、3番目のループ(CCS)が充電電流を制御して減少させます。CLSをリファレンス電圧に接続すると、10mΩの検出抵抗で7.5Aの入力電流制限値になります。

ICTL、VCTL、およびCLSのアナログ各入力は、それぞれ充電電流、充電電圧、および入力電流制限値を設定します。標準的なアプリケーションでは、15mΩの検出抵抗を使ってセル当り4.2Vの充電電圧を使用すると、ICTLとVCTLの内部設定ポイントでは3Aの充電電流が提供されます。制御するセルの数の変数は、MODE入力を用いて設定します。MAX8725にはPKPRES入力があり、バッテリーパックの検出に使用します。

ACアダプタの存在の有無に基づいて、MAX1909/MAX8725は、自動的にオープンドレインロジック信号のACOKを提供し、システムに給電するのに適した電源を選択します。PDL出力によって制御されるpチャネルの負荷スイッチ、およびPDS出力によって制御される同様なpチャネル電源スイッチが、この機能を実装するために使われます。MODE制御入力を使用すると、MAX1909/MAX8725は、再学習サイクルまたはコンディショニングサイクルに設定することができ、バッテリーは充電器から切り離されて、システム負荷を通して完全に放電します。バッテリーが深さ100%の放電に達すると、最大容量まで再充電されます。

図1に示す回路は、簡単なハードワイヤのアプリケーションを示し、図2は、バッテリーコンディショニングをサポートする可変充電電流とソーススイッチ構成を備えた、標準的なスマートバッテリーシステムのアプリケーションを示しています。スマートバッテリーシステムは、通常、この追加機能を実現するためにホストμCを使用します。

## 充電電圧の設定

MAX1909/MAX8725は、充電電圧用に高精度の電圧レギュレータを使用します。VCTL入力によってバッテリー出力電圧を調整します。デフォルトモード(VCTL = LDO)では、充電電圧の総合精度は±0.5%です。VCTLは0~3.6Vに可変することができ、これはバッテリー電圧の10%の調整レンジとなります。調整範囲を制限すると、外付け抵抗に対する充電電圧の感度が±1%から±0.05%に下がります。VCTLを作るためにリファレンスを分圧する抵抗として±1%を使用すると、充電電圧の総合精度は±1%よりも良くなります。セル当りのバッテリーの最終電圧は、バッテリーの種類と構成で変わります。この電圧を決定する場合は、バッテリーメーカーに相談してください。バッテリー電圧は次の式で計算されます。

$$V_{BATT} = CELL \left( V_{REF} + \left( \frac{V_{VCTL} - 1.8V}{9.52} \right) \right)$$

ここで、 $V_{REF} = 4.2235V$ で、CELLはMAX1909/MAX8725の3値レベルのMODE制御入力を選択したセルの数です。MODEをLDO出力に接続すると、CELL = 4となります。MODEを無接続とすると、CELL = 3です。MODEをグランドに接続すると、充電器はコンディショニングモードに入り、バッテリーを充電器から切り離してバッテリーがシステム負荷を通して放電します。「コンディショニングモード」の項を参照してください。内部の誤差アンプ(GMV)によって電圧レギュレーションが維持されます(「ファンクション図」に関しては図3を参照してください)。電圧誤差アンプはCCVで補償します。図1と図2に示した部品値によって、ほとんどのアプリケーションに対して適切な性能が提供されます。電圧レギュレーションループと電流レギュレーションループの補償を個別に行うことによって、最適な補償が可能となります。「補償」の項を参照してください。

## 充電電流の設定

ICTL入力の電圧によって電流検出抵抗RS2の両端間の最大電圧を設定し、これが充電電流を決定します。CSIPとCSIN間のフルスケール差動電圧は75mVですので、検出抵抗を0.015Ωにすると、最大充電電流は5Aとなります。デフォルトモード(ICTL = LDO)では、検出電圧は45mVで総合精度は±5%です。充電電流は次の式を使用してICTLによって設定されます。

$$I_{CHG} = \frac{0.075}{RS2} \times \frac{V_{ICTL}}{3.6V}$$

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

MAX1909/MAX8725

ICTLの入力範囲は、MAX1909では0~3.6Vで、MAX8725では0~3.2Vです。ICTLがMAX1909の場合には0.75V以下に、MAX8725では0.06V以下に強制されると、充電器はシャットダウンします。電流検出抵抗のRS2を選択する場合は、RS2は、最大負荷電流を取り扱うだけの十分な電力定格を備えていなければならないことに注意してください。検出抵抗のI<sup>2</sup>Rの電力消費によって充電器効率が劣化します。電流検出抵抗の両端間の電圧を小さくするようにICTLを調整すると効率は改善されますが、電流検出アンプのオフセット誤差によって精度が悪化します。充電電流の誤差アンプ(GMI)はCCI端子で補償します。「補償」の項を参照してください。

## 充電のコンディショニング

MAX1909にはバッテリー電圧コンパレータがあり、過放電したLi+バッテリーパックのコンディショニング充電が可能です。バッテリーパック電圧がMODEで設定されるセル数 × 3.1Vを下回ると、検出抵抗としてRS2 = 0.015Ωを使用する場合、MAX1909はバッテリーを300mAの電流で充電します。バッテリー電圧がコンディショニング充電スレッショルドを超えると、MAX1909は満充電モードを再開して、設定された電圧および電流限界値まで充電します。MAX8725は、コンディショニング充電する自動サポートを備えていません。コンディショニング充電電流を提供するようにMAX8725を構成するためには、ICTLはじかに駆動しなければなりません。

## 入力電流制限値の設定

ACアダプタやその他の電源からの総合入力電流は、システム供給電流と充電器からの要求電流の和です。入力電流が設定した入力電流の制限値を超過すると、MAX1909/MAX8725は充電電流を減らすことによって供給電流を減らします。この技術は、実際には入力電流を制限しません。システムの供給電流が立ち上がるにつれて、利用可能な充電電流が立上りに比例してゼロに低下してゆきます。その後は、総合入力電流は際限なく増大することができます。

内蔵のアンプは、CSSPとCSSN間の差電圧をCLS入力に設定されたスケール変換された電圧と比較します。V<sub>CLS</sub>はじかに駆動するか、またはREFとGND間の抵抗分圧器で設定することができます。CLSをREFに接続すると、入力電流制限の検出電圧が最大値の75mVに設定されます。入力電流の計算は次のようになります。

$$I_{IN} = \frac{0.075}{RS1} \times \frac{V_{CLS}}{V_{REF}}$$

V<sub>CLS</sub>がGMS誤差アンプのリファレンス電圧を決定します。検出抵抗のRS1によって最大許容供給電流が設定されます。入力電流の制限値にいったん達すると、充電電流は、入力電流が所望のスレッショルド以下になるまでリニアに減少します。

デューティサイクルは入力電流の制限値の精度に影響します。AC負荷電流も精度に影響します(「標準動作特性」を参照)。スイッチングノイズの影響を減少させるための詳細については、MAX1909/MAX8725のEVキットのデータシートを参照してください。

電流検出抵抗RS1を選択する場合は、その電流定格を注意して計算してください。システム負荷電流の変動および検出アンプの総合精度を考慮してください。RS1の電圧降下は電力消費の増加の一因となり、これが効率を低下させることに注意してください。

システムの各部分が電源投入されたり、または休止させたりするため、システム電流は常に変動します。入力電流レギュレーションを行わない場合、入力源は最大システム電流と最大充電電流を供給可能でなければなりません。入力電流制限回路を使用すると、ACアダプタの出力電流能力を低減させることができ、システムのコストが下がります。

## 電流測定

MAX1909/MAX8725は入力電流モニタのIINPを備えています。IINPにもたらされる電流は、システム負荷電流にCSSPとCSSN入力間で検出される入力換算充電電流を加算した値を一定の割合で減じたものです。この出力電圧範囲は0~3Vです。IINPの電圧は、次の式に従って入力電流に比例し、次の式に従います。

$$V_{IINP} = I_{SOURCE} \times RS1 \times G_{IINP} \times R9$$

ここで、I<sub>SOURCE</sub>はACアダプタ電源によって供給されるDC電流、G<sub>IINP</sub>はIINPのトランスコンダクタンス(3mA/V typ)、そしてR9はIINPとグランド間に接続される抵抗です。

使用しない場合、IINP端子は無接続としてください。

## LDOレギュレータ

LDOはDCINから5.4Vを生成し、最大10mAを負荷電流として余分に供給可能です。ローサイドMOSFETドライバはDLOVによって給電され、図1に示すように、DLOVはLDOに接続しなければなりません。LDOは、4.2235Vのリファレンス(REF)および制御回路の大部分にも給電します。LDOは1μFのコンデンサでバイパスします。

## シャットダウンと充電禁止(PKPRES)

ACアダプタが取り外されると、MAX1909/MAX8725はシャットダウンして低電力状態になり、バッテリーの大きい負荷になりません。このような状態では、SRC、CSSP、CSSN、CSIP、CSIN、およびBATT入力を合わせた負荷を通じて、最大6μAがバッテリーから流れます。DCINが低電圧ロックアウト(UVLO)のスレッショルドの7V以下になると、充電器はこの低電力状態になります。PDSスイッチがオフでPDLスイッチがオンになり、システムはバッテリーから給電されます。

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

PDLスイッチのボディダイオードは、電源出力の電圧が低下することを防止します。

充電はICTLを0.035V以下に駆動することで禁止することもでき、こうするとスイッチングが停止し、CCI、CCS、およびCCVはグラウンドに強制されます。この状態では、PDSドライバとPDLドライバ、LDO、入力電流監視、および制御ロジック(ACOK)はすべてアクティブのままです。これらの機能をサポートするために、ACアダプタからはおよそ3mAの電源電流が引き出され、バッテリーからは3 $\mu$ A (max)が引き出されます。

スマートバッテリーシステムでは、 $\overline{\text{PKPRES}}$ は、通常、低抵抗による分圧器から、またはバッテリー内部のPTCサーミスタおよび個別の抵抗性プルアップから駆動されます。この構成にすると、自動的にバッテリーの存在が検出されます。MAX8725のスレッショルド電圧は $V_{\text{LDO}}$ の55%であり、誤った遷移を防ぐために $V_{\text{LDO}}$ の1%のヒステリシスを備えています。

## ACアダプタの検出とパワーソース選択

MAX1909/MAX8725には、ACアダプタの存在を検出するヒステリシスコンパレータがあり、適切で利用可能な電源からシステム負荷に自動的に給電します。アダプタが存在する場合、オープンドレインのACOK出力がハイインピーダンスになります。ACINのスイッチスレッショルドは2.048Vです。適切な検出スレッショルドを設定するためには、アダプタ出力とACIN端子間に抵抗分圧器を使用します。充電中、バッテリーは、オフにバイアスされているpチャネルのPDLスイッチを用いてシステム負荷から隔離されます。アダプタが存在しない場合、スイッチのドライバは、高速のブレークビフォアメイクシーケンスで状態を変えます。PDLは、PDSがオフになってから7.5 $\mu$ s後にオンになり始めます。

PDLとPDSスイッチ間を選択するスレッショルドは、DCINとBATT端子間の電圧差に基づいて設定されます。この電圧差が100mV以下の場合、PDSはオフになり、PDLがオンになります。これらの状態では、MAX1909/MAX8725は完全に電源断となっています。充電器がICTLまたは $\overline{\text{PKPRES}}$ によって電源断となるか、またはACアダプタが外されたとき、PDLスイッチは100k $\Omega$ のプルダウン抵抗でオンを維持します。

PDLおよびPDS用のドライバはすべて内蔵されています。各ドライバ用の正バイアス入力 SRC端子に接続され、負バイアス入力はSRCをリファレンスとする負のレギュレータに接続されます。この構成では、各ドライバはSRCからSRCのおよそ10V下までの間を変化することができます。

## コンディショニングモード

MAX1909/MAX8725は、バッテリーの残量ゲージを較正するためのコンディショニングサイクルを実行するように設定することができます。このサイクルは、バッテリーの充電器からの切り離しとバッテリーからシステム負荷への放電で構成されます。バッテリーが深さ100%の放電に達すると、その後、再充電されます。MODE端子をローに駆動すると、MAX1909/MAX8725はコンディショニングモードになり、充電器がスイッチングを停止し、PDSスイッチをオフにし、PDLスイッチをオンにします。

コンディショニングモード機能を使用するためには、PDSスイッチの構成を2つのソースを接続したFETに変更して、MOSFETのボディダイオードを通してACアダプタがシステムに電流を供給することを防止しなければなりません。図2を参照してください。SRC端子は、背中合わせに接続した2つのFETの共通のソースノードに接続して、2つのMOSFETを正しく駆動しなければなりません。

ユーザに、システムがコンディショニングサイクルで動作していることを知らせることは必須です。ユーザがそのサイクルの終了を早くしすぎた場合、システムがACアダプタなしで相当長期間動作していたとしても、バッテリーは放電することができます。コンディショニング中にACアダプタが実際に取り外されると、MAX1909/MAX8725はPDLスイッチをオンのままにして、充電器は通常の動作のようにオフのままになります。

MAX8725では、コンディショニング中にバッテリーが外されると、 $\overline{\text{PKPRES}}$ 制御がコンディショニングモードに優先します。MODEがグラウンドされて $\overline{\text{PKPRES}}$ がハイになると、PDSスイッチは7.5 $\mu$ s以内にオンを開始し、システムはACアダプタから給電されます。

MAX1909では、バッテリーの過放電またはバッテリーの取り外し前にコンディショニングモードをディセーブルにしてください。

## DC-DCコンバータ

MAX1909/MAX8725は、PMOSハイサイドスイッチの降圧レギュレータとローサイドのNMOS同期整流器を採用しています。MAX1909/MAX8725は、擬似固定周波数およびサイクルごとの電流モード制御方式を特長とします。オフ時間は、 $V_{\text{DCIN}}$ 、 $V_{\text{BATT}}$ 、および時定数に依存し、最小の $t_{\text{OFF}}$ は300nsです。MAX1909/MAX8725は、軽負荷効率を改善するために非連続導通でも動作が可能です。DC-DCコントローラの動作は、図4に示すように、次の4つのコンパレータによって決まります。

- **CCMP:** 充電電流(CSI)に対して制御ポイント(最低の電圧クランプ(LVC))を比較します。ハイサイドMOSFETのオン時間は、CCMP出力がハイであれば終了します。

# 自動システムパワーセクタ付き 各種バッテリー対応チャージャ

MAX1909/MAX8725

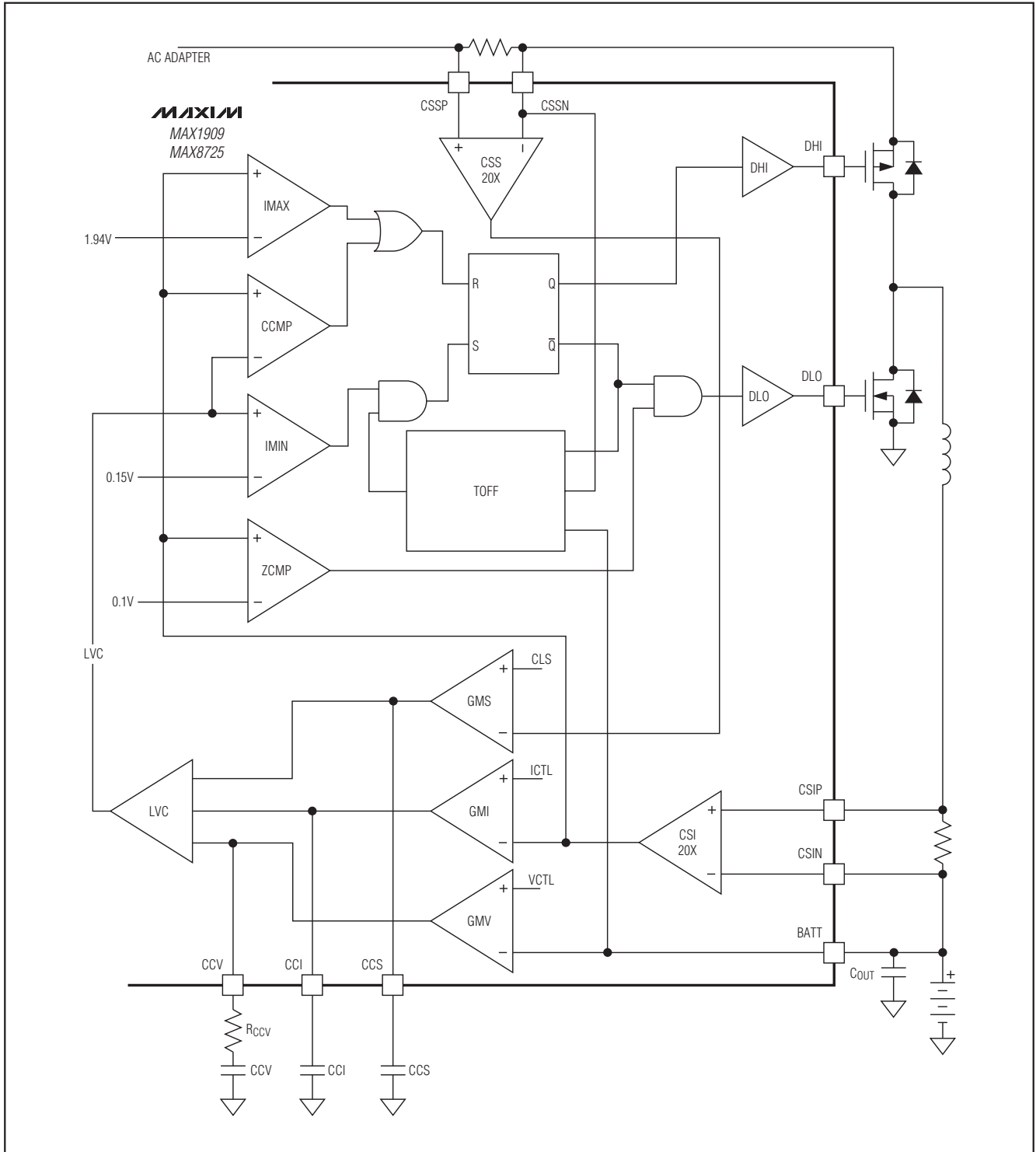


図4. DC-DCコンバータのファンクション図

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

- **IMIN:** 制御ポイント(LVC)を0.15V (typ)と比較します。IMIN出力が小さければ、新しいサイクルは始まりません。このコンパレータは、レギュレータが不連続モードで動作するかどうかを決定します。
- **IMAX:** 充電電流(CSI)を内部固定のサイクルごとの電流制限値と比較します。電流検出電圧制限値は97mVです。RS2 = 0.015Ωにすると、これは6Aに相当します。IMAX出力がハイでIMAXがローになるまで新しいサイクルを始めることができない場合、ハイサイドMOSFETのオン時間は終了します。IMAXは、突然の過大電流障害から保護します。
- **ZCMP:** 充電電流(CSI)を333mA (RS2 = 0.015Ω)と比較します。電流検出電圧スレッショルドは5mVです。ZCMP出力がハイであれば、両方のMOSFETがオフになります。ZCMPのコンパレータは、不連続モードにおけるスイッチのオン時間を終了させます。

## CCV、CCI、CCS、およびLVC制御ブロック

MAX1909/MAX8725は、動作条件に従って充電電圧(CCv制御ループ)、充電電流(CCI制御ループ)、または入力電流(CCS制御ループ)を制御します。CCV、CCI、およびCCSの3つの制御ループは、内部のLVCアンプで合流します。LVCアンプの出力は、DC-DCコントローラ用のフィードバック制御信号です。CCV、CCI、またはCCSの最小電圧はLVCアンプの出力に現れ、他の2つの制御ループを制御ポイントより上の0.3V以内にクランプします。他の2つの制御ループを最低の制御ループの近くにクランプすることで、異なった制御ループ間で切り替わったとき、最小のオーバーシュートで高速遷移が可能になります(「補償」の項を参照)。

## 連続導通モード

十分なバッテリーの電流負荷がある場合は、MAX1909/MAX8725のインダクタ電流がゼロになることはなく、これが連続導通モードとして定義されます。BATT電圧が、

$$3.1V \times (\text{セルの数}) < V_{\text{BATT}} < (0.88 \times V_{\text{DCIN}})$$

の範囲であれば、レギュレータはドロップアウトすることなく、 $f_{\text{NOM}} = 400\text{kHz}$ でスイッチングします。コントローラは、ハイサイドのpチャンネルMOSFETをオンに、ローサイドのnチャンネルMOSFETをオフにして新しいサイクルを開始します。充電電流が制御ポイント(LCV)よりも大きい場合、CCMPはハイになってオフ時間が始まります。オフタイムは、ハイサイドpチャンネルのMOSFETをオフに、nチャンネルのMOSFETをオンにします。動作周波数はオフ時間に支配され、 $V_{\text{DCIN}}$ と $V_{\text{BATT}}$ に依存します。オフ時間は次の式で設定されます。

$$t_{\text{OFF}} = \frac{1}{f_{\text{NOM}}} \frac{V_{\text{CSSN}} - V_{\text{BATT}}}{V_{\text{CSSN}}}$$

ここで、 $f_{\text{NOM}}$ は400kHzで、

$$t_{\text{ON}} = \frac{L \times I_{\text{RIPPLE}}}{V_{\text{CSSN}} - V_{\text{BATT}}}$$

$$\text{ここで、} I_{\text{RIPPLE}} = \frac{V_{\text{BATT}} \times t_{\text{OFF}}}{L}$$

$$f = \frac{1}{t_{\text{ON}} + t_{\text{OFF}}}$$

これらの式は、ほとんどの動作条件に対してコントローラの擬似固定周波数の性能を表します。

固定オフ時間の終わりでは、制御ポイント(LVC)が0.15V (IMIN = ハイ)より大きく、ピーク充電電流がサイクルごとの制限値 (IMAX = ロー)よりも小さい場合は、コントローラは新しいサイクルを開始することができます。充電電流が $I_{\text{MAX}}$ を超えると、オン時間はIMAXコンパレータによって終了します。

オフ時間の間にインダクタ電流がゼロになると、ZCMPはハイになり、ハイとローサイドのMOSFETの両方が別のサイクルを開始するまではオフになります。この条件が不連続導通です。「不連続導通」の項を参照してください。

( $V_{\text{DCIN}} - V_{\text{BATT}}$ )の差が小さくなりすぎると、最小0.3μsのオフ時間があります。 $V_{\text{BATT}} \geq 0.88 \times V_{\text{DCIN}}$ であれば、最小オフ時間に対するスレッショルドに達し、 $t_{\text{OFF}}$ が0.3μsに固定されます。このモードでのスイッチング周波数は次の式に従って変化します。

$$f = \frac{1}{t_{\text{OFF}} \left( \frac{V_{\text{BATT}}}{V_{\text{CSSN}} - V_{\text{BATT}}} + 1 \right)}$$

## 不連続導通

LVC制御ポイントの出力が0.15V以下になると、MAX1909/MAX8725は不連続導通モードになります。RS2 = 0.015Ωにすると、これは0.5Aに相当します。

$$I_{\text{MIN}} = \frac{0.15V}{20 \times RS2} = 0.5A$$

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

不連続モードでは、新しいサイクルは、LVC電圧が0.15V以上に上昇するまで開始しません。充電電流がCCS制御ループによって十分に減少した時か、または充電器がバッテリーパックのフル充電に近い定電圧モードにある場合は、不連続モード動作は、過放電したバッテリーパックのコンディショニング充電中に起こります。

## 補償

充電電圧、充電電流、および入力制限レギュレーションループは、CCV、CCI、およびCCS端子で別々に独立して補償されます。

## CCVループ補償

図5の簡略化された図は、電圧ループ(CCV)が制御されているときのMAX1909/MAX8725の動作を説明するのに十分です。必要とする補償回路は、 $C_{CV}$ と $R_{CV}$ で形成される極ゼロのペアです。この極は、低い周波数で電圧ループの応答をロールオフするために必要です。ゼロは、出力コンデンサと負荷で形成される極を補償するために必要です。 $R_{ESR}$ は、充電器の出力コンデンサ( $C_{OUT}$ )の等価直列抵抗(ESR)です。 $R_L$ は、等価充電器出力の負荷で、 $R_L = \Delta V_{BATT} / \Delta I_{CHG}$ です。GMVアンプの等価出力インピーダンス $R_{OGMV}$ は、10M $\Omega$ より大きくなります。電圧ループトランスコンダクタンス(GMV =  $I_{CCV} / V_{BATT}$ )は、セルの数を決定するMODE入力に依存します。4セルの場合はGMV = 0.125mA/mVで、3セルの場合はGMV = 0.167mA/mVです。DC-DCコンバータのトランスコンダクタンスは、充電電流検出抵抗 $RS2$ に依存します。

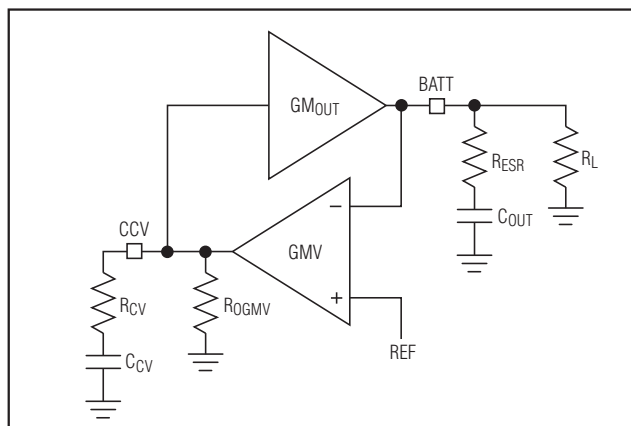


図5. CCVのループダイアグラム

$$GM_{OUT} = \frac{1}{A_{CSI} \times RS2}$$

ここで、「標準動作回路」(図1と図2)において、 $A_{CSI} = 20$ で $RS2 = 0.015\Omega$ ですので、 $GM_{OUT} = 3.33A/V$ です。

ループの伝達関数は次式ようになります。

$$LTF = GM_{OUT} \times \frac{R_{OGMV} \times (1 + sC_{CV} \times R_{CV})}{(1 + sC_{CV} \times R_{OGMV})} \times \frac{R_L}{(1 + sC_{OUT} \times R_L)} GMV (1 + sC_{OUT} \times R_{ESR})$$

表1. 電圧ループ伝達関数の極とゼロ

NO.	NAME	CALCULATION	DESCRIPTION
1	CCV pole	$f_{P\_CV} = \frac{1}{2\pi R_{OGMV} \times C_{CV}}$	Lowest frequency pole created by $C_{CV}$ and GMV's finite output resistance. Since $R_{OGMV}$ is very large and not well controlled, the exact value for the pole frequency is also not well controlled ( $R_{OGMV} > 10M\Omega$ ).
2	CCV zero	$f_{Z\_CV} = \frac{1}{2\pi R_{CV} \times C_{CV}}$	Voltage-loop compensation zero. If this zero is at the same frequency or lower than the output pole $f_{P\_OUT}$ , then the loop transfer function approximates a single pole response near the crossover frequency. Choose $C_{CV}$ to place this zero at least one decade below crossover to ensure adequate phase margin.
3	Output pole	$f_{P\_OUT} = \frac{1}{2\pi R_L \times C_{OUT}}$	Output pole formed with the effective load resistance $R_L$ and the output capacitance $C_{OUT}$ . $R_L$ influences the DC gain but does not affect the stability of the system or the crossover frequency.
4	Output zero	$f_{Z\_OUT} = \frac{1}{2\pi R_{ESR} \times C_{OUT}}$	Output ESR Zero. This zero can keep the loop from crossing unity gain if $f_{Z\_OUT}$ is less than the desired crossover frequency; therefore, choose a capacitor with an ESR zero greater than the crossover frequency.

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

電圧ループ伝達関数の極とゼロは、最低周波数から最高周波数まで表1に示されています。

クロスオーバの近くでは、 $C_{CV}$ は $R_{OGMV}$ よりもずっと小さいインピーダンスを持っています。 $C_{CV}$ は $R_{OGMV}$ と並列であるため、 $C_{CV}$ がクロスオーバの近くで並列インピーダンスの主要要素になります。さらに、 $R_{CV}$ は $C_{CV}$ よりもずっと大きいインピーダンスを持ち、 $R_{CV}$ と $C_{CV}$ の直列の組合せの主要成分です。したがって、

$$\frac{R_{OGMV} \times (1 + sC_{CV} \times R_{CV})}{(1 + sC_{CV} \times R_{OGMV})} \approx R_{CV}$$

$C_{OUT}$ は、クロスオーバの近くで $R_L$ よりもずっと小さいインピーダンスを持ちますので、並列インピーダンスはほとんど容量性で、次のようになります。

$$\frac{R_L}{(1 + sC_{OUT} \times R_L)} \approx \frac{1}{sC_{OUT}}$$

$R_{ESR}$ が十分に小さければ、それに対応する出力ゼロは、クロスオーバの近くでの影響を無視することができ、ループの伝達関数は次のように簡単にすることができます。

$$LTF = GM_{OUT} \times \frac{R_{CV}}{sC_{OUT}} \times GMV$$

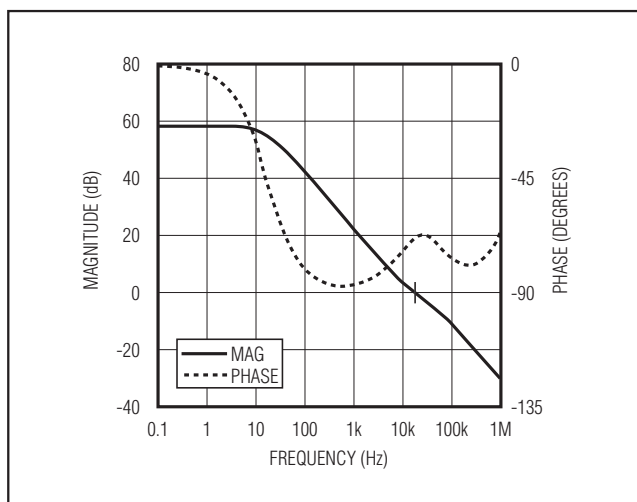


図6. CCVループの応答

$LTF = 1$ に設定すると、ユニティゲインの周波数を導くことができます。

$$f_{CO\_CV} = GM_{OUT} \times GMV \left( \frac{R_{CV}}{2\pi \times C_{OUT}} \right)$$

安定化のためには、クロスオーバ周波数をスイッチング周波数の10分の1以下に選んでください。クロスオーバ周波数を30kHzと選定し、図1に示した部品の値を使用すると、 $R_{CV}$ について解いて、

MODE = LDO (4 cells)

GMV = 0.125μA/mV

$C_{OUT} = 22\mu F$

$V_{BATT} = 16.8V$

$R_L = 0.2\Omega$

$GM_{OUT} = 3.33A/V$

$f_{CO\_CV} = 30kHz$

$f_{OSC} = 400kHz$

$$R_{CV} = \frac{2\pi \times C_{OUT} \times f_{CO\_CV}}{GMV \times GM_{OUT}} = 10k\Omega$$

補償ゼロが出力の極を十分に相殺することを保証するために、 $f_{z\_CV} \leq f_{p\_OUT}$ と選定して、

$$C_{CV} \geq (R_L/R_{CV}) C_{OUT}$$

ここで、 $C_{CV} \geq 4nF$  (4セルで4Aの最大充電電流の場合)です。

図6は、上述の値を用いた電圧ループの周波数応答のボード線図を示します。

## CCIループ補償

図7の簡略化された図は、バッテリー電流ループ(CCI)が制御されているときのMAX1909/MAX8725の動作を十分に説明しています。出力コンデンサのインピーダンスは、電流ループの応答にほとんど影響しないため、このループの補償には1個の極のみが必要です。 $A_{CSI}$ は電流検出アンプの内部利得です。 $RS2$ は充電電流検出抵抗で、 $RS2$ は15mΩです。 $R_{OGMI}$ はGMIアンプの等価出力インピーダンスで、10MΩより大きい値です。GMIは充電電流アンプのトランスコンダクタンスで、1μA/mVです。 $GM_{OUT}$ はDC-DCコンバータのトランスコンダクタンスで、3.3A/Vです。

ループの伝達関数は次式で与えられます。

$$LTF = GM_{OUT} \times A_{CSI} \times RS2 \times GMI \frac{R_{OGMI}}{1 + sR_{OGMI} \times C_{CI}}$$

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

MAX1909/MAX8725

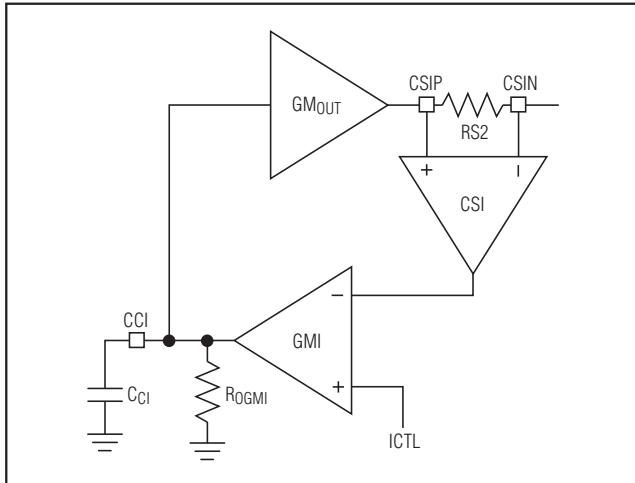


図7. CCIのループ図

これは単一の極のシステムを説明しています。

$$GM_{OUT} = \frac{1}{A_{CSI} \times RS2}$$

ですので、ループの伝達関数は次のように簡略化されます。

$$LTF = GMI \frac{R_{OGMI}}{1 + sR_{OGMI} \times C_{CI}}$$

クロスオーバー周波数は次の式で与えられます。

$$f_{CO\_CI} = \frac{GMI}{2\pi C_{CI}}$$

安定化のためには、クロスオーバー周波数をスイッチング周波数の10分の1以下に選んでください。

$$C_{CI} = GMI / (2\pi f_{CO\_CI})$$

クロスオーバー周波数を30kHzに選定し、図1に示した部品の値を使用すると、 $C_{CI} > 5.4nF$ となります。 $C_{CI}$ の値として最小値よりも10倍大きくすると、電流ループ応答が過度にスローダウンされます。図8は、上で計算した値を用いて、電流ループの周波数応答のボード線図を示しています。

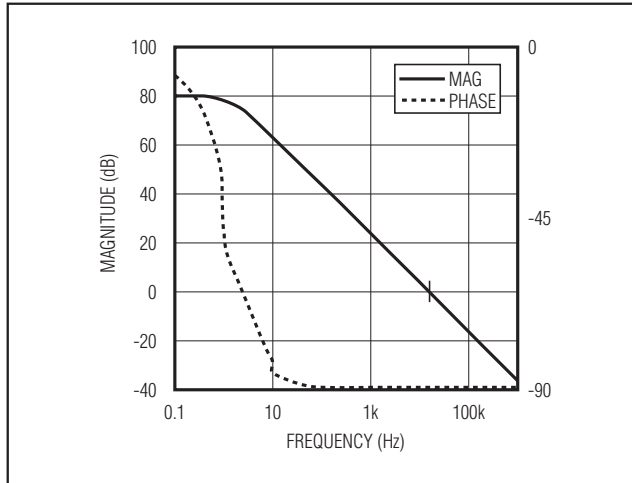


図8. CCIのループ応答

## CCSループ補償

図9の簡略化された図は、入力電流制限ループ (CCS) が制御されているときのMAX1909/MAX8725の動作を十分に説明しています。出力コンデンサのインピーダンスは、入力電流制限ループの応答にほとんど影響しないため、このループの補償には1個の極のみが必要です。 $A_{CSS}$ は電流検出アンプの内部利得です。 $RS1$ は入力電流検出抵抗で、標準動作回路では $RS1 = 10m\Omega$ です。 $R_{OGMS}$ はGMSアンプの等価出力インピーダンスで、 $10M\Omega$ よりも大きい値です。GMSは入力電流アンプのトランスコンダクタンスで、 $1\mu A/mV$ です。 $GM_{IN}$ はDC-DCコンバータの入力換算トランスコンダクタンスで、 $(1/D) GM_{OUT} = (1/D) 3.3A/V$ です。

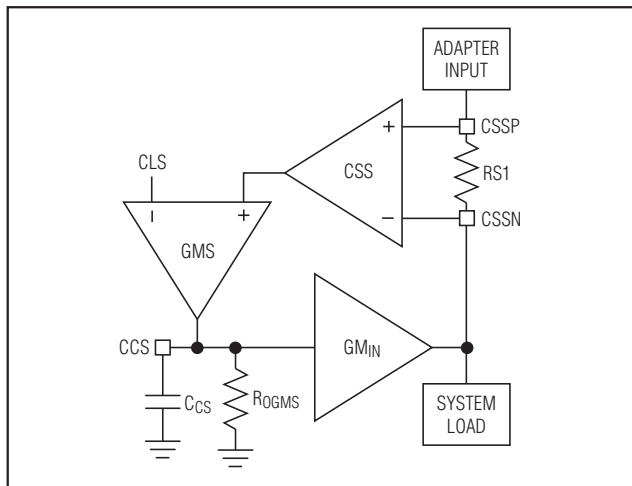


図9. CCSのループ図

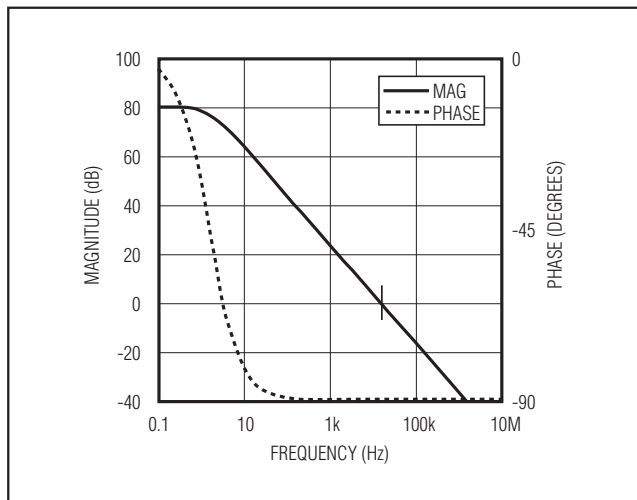


図10. CCSのループ応答

ループの伝達関数は次式で与えられます。

$$LTF = GM_{IN} \times A_{CSS} \times RS1 \times GMS \frac{R_{OGMS}}{1 + sR_{OGMS} \times C_{CS}}$$

$$GM_{IN} = \frac{1}{A_{CSS} \times RS1}$$

ですので、ループの伝達関数は次のように簡単になります。

$$LTF = GMS \frac{R_{OGMS}}{1 + sR_{OGMS} \times C_{CS}}$$

クロスオーバー周波数は次の式で与えられます。

$$f_{CO\_CS} = \frac{GMS}{2\pi C_{CS}}$$

安定化のためには、クロスオーバー周波数をスイッチング周波数の10分の1以下に選んでください。

$$C_{CS} = GMS / (2\pi f_{CO\_CS})$$

クロスオーバー周波数を30kHzに選定し、図1に示した部品の値を使用すると、 $C_{CS} > 5.4nF$ となります。 $C_{CS}$ の値として最小値よりも10倍大きくすると、入力電流ループ応答が過度にスローダウンされます。図10は、上で計算した値を用いて入力電流制限ループの周波数応答のボード線図を示しています。

## MOSFETドライバ

DHIとDLO出力は、中程度のパワーMOSFETの駆動に最適化されています。MOSFETの駆動能力は、ローサイドとハイサイドの両方のスイッチに対して同じです。これは、バッテリー電圧が広い範囲で変わるノートパソコンで生じるデューティファクタの変動に対応しています。適応型デッドタイム回路はDLO出力を監視し、DLOが完全にオフするまでハイサイドFETがオンになることを防止します。適応型デッドタイム回路が正常に動作するためには、DLOドライバからMOSFETのゲートまでの経路は、低抵抗で低インダクタンスでなければなりません。さもなければ、ゲートには依然として電荷が残っていても、MAX1909/MAX8725の検出回路はMOSFETのゲートが「オフ」であると解釈します。MOSFETがデバイスから25mm離れている場合は、1.25mm~2.5mmの非常に短くて広い配線パターンを使用してください。DLO出力と異なり、DHIが完全にオフになるまでローサイドFETがオンになることを防ぐために、DHI出力は固定の50nsの遅延を使用します。DHI信号のハイサイドFETへの配線は、同じレイアウトの配慮が必要です。

pチャネルスイッチの遷移時間はnチャネルの遷移時間よりもずっと長くなるため、ハイサイドPMOSがオンになる前のデッドタイムは、ハイサイドnチャネルスイッチを使用する他の同期式ステップダウンレギュレータにおける遷移時間よりも大きくなります。ハイからローへの遷移時に、インダクタの「スイッチされる」端子の電圧は、ローサイドスイッチがオンになるまでグラウンド以下になります。同様なデッドタイムのスパイクは、反対のローからハイへの遷移時にも起こります。負荷電流の大きさに依存しますが、通常、これらのスパイクは効率に大きい影響を与えません。

ハイサイドドライバ(DHI)は、SRCとSRCから5V下った点で変化し、通常、pチャネルFETのゲートから0.9Aをソースし、0.5Aをシンクします。DHIをハイに駆動する内部のプルアップトランジスタは堅牢で、 $2.0\Omega$  (typ)のオン抵抗を備えています。

ローサイドドライバ(DLO)は、DLOVからグラウンドの間で変化し、通常、nチャネルFETのゲートから0.5Aをソースし、0.9Aをシンクします。DLOをローに駆動する内部のプルダウントランジスタは堅牢で、 $1.0\Omega$  (typ)のオン抵抗を備えています。これは、ハイサイドスイッチがオンになった時、ローサイドMOSFETのゲート~ドレイン間の容量性結合によって、DLOがプルアップされることを防ぎます。これは、使用可能なFETに少しの制約を与えます。より小さいゲート~ドレイン間の容量を備えたローサイドFETを使用すると、これらの問題を防ぎます。

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

MAX1909/MAX8725

表2. 推奨部品

REFERENCE	QTY	DESCRIPTION
C1, C4	2	22 $\mu$ F $\pm$ 20%, 35V E-size low-ESR tantalum capacitors AVX TPSE226M035R0300 Kemet T495X226M035AS
C5, C15	2	1 $\mu$ F $\pm$ 10%, 25V, X7R ceramic capacitors (1206) Murata GRM31MR71E105K Taiyo Yuden TMK316BJ105KL TDK C3216X7R1E105K
C9, C10	2	0.01 $\mu$ F $\pm$ 10%, 25V, X7R ceramic capacitors (0402) Murata GRP155R71E103K TDK C1005X7R1E103K
C11, C14, C17	3	0.1 $\mu$ F $\pm$ 10%, 25V, X7R ceramic capacitors (0603) Murata GRM188R71E104K TDK C1608X7R1E104K
C12, C13, C16	3	1 $\mu$ F $\pm$ 10%, 6.3V, X5R ceramic capacitors (0603) Murata GRM188R60J105K Taiyo Yuden JMK107BJ105KA TDK C1608X5R1A105K
D4	1	Schottky diode, 0.5A, 30V SOD-123 Diodes Inc. B0530W General Semiconductor MBR0530 ON Semiconductor MBR0530
D5	1	25V $\pm$ 1% zener diode CMDZ5253B
L1	1	10 $\mu$ H, 4.4A inductor Sumida CDRH104R-100NC TOKO 919AS-100M

REFERENCE	QTY	DESCRIPTION
N1/P1	1	Dual n- and p-channel MOSFETs, 7A, 30V and -5A, -30V, 8-pin SO, MOSFET Fairchild FDS8958A or Single n-channel MOSFETs, +13.5A, +30V FDS6670S and Single p-channel MOSFETs, -13.5A, -30V FDS66709Z
P2, P3, P4	3	Single, p-channel, -11A, -30V, 8-pin SO MOSFETs Fairchild FDS6675
R4	1	100k $\Omega$ , $\pm$ 5% resistor (0603)
R5, R9, R21	2	10k $\Omega$ $\pm$ 1% resistors (0603)
R6	1	590k $\Omega$ $\pm$ 1% resistor (0603)
R7	1	196k $\Omega$ $\pm$ 1% resistor (0603)
R8	1	1M $\Omega$ $\pm$ 5% resistor (0603)
R11	1	1k $\Omega$ $\pm$ 5% resistor (0603)
R16	1	33 $\Omega$ $\pm$ 5% resistor (0603)
R19, R20	2	10k $\Omega$ $\pm$ 5% resistors (0603)
RS1	1	0.01 $\Omega$ $\pm$ 1%, 0.5W sense resistor (2010) Vishay Dale WSL2010 0.010 1.0% IRC LRC-LR2010-01-R010-F
RS2	1	0.015 $\Omega$ $\pm$ 1%, 0.5W sense resistor (2010) Vishay Dale WSL2010 0.015 1.0% IRC LRC-LR2010-01-R015-F
U1	1	MAX1909ETI/MAX8725ETI (28-pin thin QFN-EP)

## 設計手順

表2は推奨する部品のリストで、図2の回路を参照しています。以下の項はこれらの部品の選択方法を説明しています。

### MOSFETの選択

MOSFETのP2とP3 (図1)は、ACアダプタが挿入された時にシステム負荷に電源を供給します。これらのデバイスは、適度のスイッチング速度で良いのですが、RS1で設定する最大入力電流を供給することができなければなりません。いつもそうですが、デバイスの最大電圧定格または最大動作温度を超えないようにする注意が必要です。

pチャネル/nチャネルMOSFET (P1, N1)は、降圧コントローラ用のスイッチングデバイスです。これらのデバ

イスのガイドラインは、高い電圧(>20V)のACアダプタを使用する場合の大負荷電流を得る場合の課題に焦点を当てています。低電流アプリケーションは、通常、余り注意を要しません。ハイサイドMOSFET (P1)は、抵抗性損失に加えて $V_{DCIN(MIN)}$ と $V_{DCIN(MAX)}$ の両方でのスイッチング損失を消費しなければなりません。

理想的には、 $V_{DCIN(MIN)}$ での損失はほぼ $V_{DCIN(MAX)}$ における損失に等しく、その中間では小さい損失でなければなりません。 $V_{DCIN(MIN)}$ における損失が $V_{DCIN(MAX)}$ における損失よりも相当大きい場合は、P1を大きくすることを考えてください。逆に、 $V_{DCIN(MAX)}$ における損失が $V_{DCIN(MIN)}$ における損失よりも相当大きい場合は、P1を小さくすることを考えてください。DCINが広い範囲に変化しなければ、抵抗性損失がスイッチング損失に等しい場合に最小電力消費となります。

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

MAX1909/MAX8725

可能な限り低オン抵抗( $R_{DS(ON)}$ )で、適度の大きさのパッケージで、手頃な価格のローサイドMOSFETを選択してください。DLOゲートドライバが、ゲート電荷およびハイサイドMOSFETがオンになることによって生じるゲートとドレイン間の寄生容量に注入される電流をサポートするために、十分な電流を供給可能なことを確認してください。

MAX1909/MAX8725は適応型デッドタイム回路を備え、ハイサイドとローサイドのMOSFETが同時に導通することを防ぎます(「MOSFETドライバ」の項を参照)。この保護を行っても、片側のMOSFETがオンになるときには、別のMOSFETがオフになることを遮るMOSFET内部の遅延が依然として存在することがあります。

低オフ時間のデバイスを選択してください。余裕を取るために、 $P1(t_{DOFF(MAX)}) - N1(t_{DON(MIN)})$ が40nsよりも小さくなることを確認してください。そのようにすることができない場合、効率を低下させる貫通電流が流れます。遅延時間の不整合によって貫通電流が流れる場合は、N1のゲートとソース間に余分に容量を加えて、N1がオンになる時間を遅くします。

## MOSFETの電力消費

最悪の場合の導通損失は、デューティ比が最大の時に起こります。ハイサイドMOSFETに関しては、抵抗による最悪の電力消費(PD)は電源電圧が最小の場合に起こります。

$$PD(P1) = \left( \frac{V_{BATT}}{V_{DCIN}} \right) \left( \frac{I_{LOAD}}{2} \right)^2 \times R_{DS(ON)}$$

一般的に、大きい入力電圧の場合のスイッチング損失を減少させるには、小型のハイサイドMOSFETが望まれます。しかし、パッケージの電力消費限界内に収まるために必要とする $R_{DS(ON)}$ が、多くの場合にMOSFETを小さくすることができる限界を与えることになります。最適条件は、スイッチング(AC)損失が導通( $I^2 R_{DS(ON)}$ )損失に等しい場合です。ハイサイドのスイッチング損失は、通常、入力がおよそ15Vを超えるまでは問題になりません。最大のACアダプタ電圧が印加された場合に、ハイサイドMOSFETのスイッチング損失が、 $CV^2 f$ のスイッチング損失式の2乗項によって、深刻な熱問題になります。低電源電圧で適切な $R_{DS(ON)}$ を得るために選ばれたハイサイドMOSFETが、 $V_{DCIN(MAX)}$ の際に異常に高熱になる場合は、より低損失のMOSFETを選択してください。ターンオン時間とターンオフ時間に影響を及ぼす要因を数値化する必要があり、スイッチング損失が存在するP1の電力消費を計算するのは困難です。こうした要因としては、ゲートの内部抵抗、ゲート電荷、スレッショ

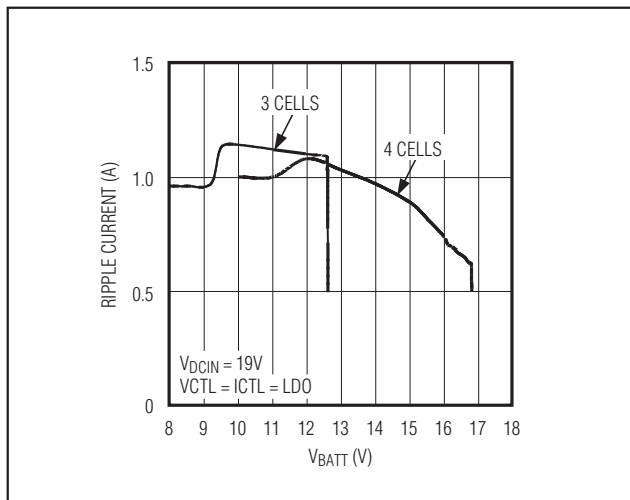


図11. リプル電流対バッテリー電圧(MAX1909)

ルド電圧、ソースインダクタンス、およびプリント基板のレイアウト特性などがあります。以下に示すスイッチング損失の計算は単なる概算で、試作品の評価に代わるものではありません。できるだけP1に取り付けた熱伝対による評価を行うことが必要です。

$$PD(P1\_Switching) = \frac{V_{DCIN(MAX)}^2 \times C_{RSS} \times f_{SW} \times I_{LOAD}}{2 I_{GATE}}$$

ここで $C_{RSS}$ はP1の逆伝達容量で、 $I_{GATE}$ はピークゲート駆動ソース/シンク電流です。

ローサイドMOSFET (N1)に対しては、最悪の場合の電力消費は、常に最大の入力電圧の場合に起こります。

$$PD(N1) = \left[ 1 - \left( \frac{V_{BATT}}{V_{DCIN}} \right) \right] \left( \frac{I_{LOAD}}{2} \right)^2 \times R_{DS(ON)}$$

デッドタイムの間にN1のMOSFETのボディダイオードがオンになるのを防止するために、十分に小さな順方向電圧を持ったショットキードダイオード(図2のD1)を選択してください。一般的に、負荷電流の3分の1のDC電流定格のダイオードで充分です。このダイオードはオプションであり、効率が問題とならなければ省略することができます。

## インダクタの選択

充電電流、リップル、および動作周波数(オフ時間)によってインダクタの特性が決定されます。インダクタL1は、少なくとも最大の充電電流にリップル電流( $\Delta I$ )の半分を加算した値の飽和電流定格を持たなければなりません。

$$I_{SAT} = I_{CHG} + (1/2) \Delta I$$

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

リップル電流は次の式で決定されます。

$$\Delta I_L = V_{BATT} t_{OFF} / L$$

ここで、 $V_{BATT} < 0.88 V_{DCIN}$ の場合は

$$t_{OFF} = 2.5\mu s (V_{DCIN} - V_{BATT}) / V_{DCIN}$$

であり、

または、 $V_{BATT} > 0.88 V_{DCIN}$ に対しては  $t_{OFF} = 0.3\mu s$  です。

図11は、回路が19Vの固定入力電圧で3Aを充電している場合の、リップル電流対バッテリー電圧の変動を示しています。

インダクタの値を大きくするとリップル電流が減少します。インダクタの値を小さくすると、飽和電流能力を高くすることが必要で、しかも効率が悪化します。 $LIR = \Delta I_L / I_{CHG} = 0.3$ とすると、通常はインダクタの大きさと効率間の良いバランスとなります。

## 入力コンデンサの選択

入力コンデンサは、スイッチング電流によって与えられるリップル電流要件( $I_{RMS}$ )に適合しなければなりません。非タンタルコンデンサ(セラミック、アルミ電解、またはOSCON)が、電源投入時のサージ電流に対する耐性があるために推奨されます。

$$I_{RMS} = I_{CHG} \left( \frac{\sqrt{V_{BATT}(V_{DCIN} - V_{BATT})}}{V_{DCIN}} \right)$$

入力コンデンサは、連続導通におけるリップル電流による温度上昇がおよそ10°Cを超えないような大きさにしなければなりません。最大のリップル電流は、50%のデューティ比または  $V_{DCIN} = 2 \times V_{BATT}$ の場合に起こり、 $0.5 \times I_{CHG}$ に等しくなります。対象とするアプリケーションが最大値を達成しない場合は、最悪の条件に従って入力コンデンサの大きさを決めます。

## 出力コンデンサの選択

出力コンデンサはインダクタのリップル電流を吸収し、バッテリーが充電器に最初に接続された場合に、バッテリーから供給されるサージ電流に耐えなければなりません。したがって、容量値とESRの両方がフィルタとしての出力コンデンサを定め、DC-DCコンバータの安定性を保証するために重要なパラメータになります(「補償」の項を参照)。安定性の要件ではなく、確認のみで充分ですが、多くの場合、出力コンデンサのESRがバッテリーのESRよりもずっと小さくなります。出力にはタンタルまたはセラミックコンデンサが使用可能です。電圧定格とサージ電流耐性が優れているために、セラミックコンデンサの方が好まれます。

## アプリケーション情報

### 過放電したセルのコンディショニング充電の起動

深く放電したLi+バッテリーを低速で充電することは、サイクル寿命を改善するために好ましいこととなります。MAX1909/MAX8725は、セル当たりの電圧が3.1V以下の場合、自動的に充電電流を減らします。バッテリー電圧がそのスレッショルド以上に上昇するまで、充電電流の検出電圧は4.5mV ( $RS2 = 15m\Omega$ で  $I_{CHG} = 300mA$ )に設定されます。充電電流の大きさが2つの値の間で細かく変動することを防ぐために、3セルでおおよそ300mV、4セルでおおよそ400mVのヒステリシスがあります。

MAX8725の場合は、ICTLを制御してコンディショニング充電の速度を設定してください。

### レイアウトとバイパス

DCINは、1 $\mu$ Fのコンデンサで電源グラウンドにバイパスします(図1)。電源入力に逆接続された場合、D4がMAX1909/MAX8725を保護します。DCINからはLDOと内部リファレンスにのみ給電しますので、D4には信号用ダイオードで充分です。図1に示すように、LDO、DHIV、DLOV、および他の端子をバイパスしてください。

規定されたノイズ、効率、および安定性能を達成するためには、優れたプリント基板のレイアウトにすることが必要です。プリント基板のレイアウトの技術者には明確な指示を与える必要があり、できればパワースイッチング部品の配置と大電流のルートを示すスケッチが必要です。実例として、MAX1909/MAX8725の評価キットのプリント基板レイアウトを参照してください。最適性能を得るためには、グラウンド領域の使用は必須です。たいていのアプリケーションでは、回路は多層のPCBに配置され、4層以上の銅層を最大限に使用することを推奨します。最上層は大電流の接続、最下層はノイズが少ない接続、中間層はべたのグラウンド領域としてください。

以下に示すステップ順のガイドに従ってください。

- 1) 大電力部品の接続を最初に配置し、その各グラウンドを隣り合わせます。
  - a) 電流検出抵抗の配線パターンを最短化し、ケルビン接続を使って正確な電流検出となるようにしてください。
  - b) 大電流経路のグラウンド配線パターンを最短化してください。
  - c) 大電流経路内の他の配線パターン長を最短化してください。
  - d) 5mm以上の広い配線パターンとします。

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

MAX1909/MAX8725

e) C1とC2をハイサイドMOSFETに接続します(最長10mm)。これらのコンデンサは、電源グランド領域に戻します。

f) LXノード(各MOSFET、整流器のカソード、インダクタ)を最短化します(最長15mm)。

理想的には、表面実装のパワー部品は、互いに同一平面で相互のグランド端子をほとんど接触させます。これらの大電流グランドは、相互に幅の広い上面層のベタの銅配線に接続して、ビアを使用しないようにします。

出来上がった表面層のグランド領域は、通常の内層グランド領域に出力グランド端子で接続します。こうすることによって、ICのアナロググランドがIR電圧降下およびグランドノイズの影響がなく電源出力端子で検出されます。その他の大電流経路は最短化しなければなりません、短いグランドと電流検出接続を第一に焦点を当てること、プリント基板のレイアウトのすべての問題の内のおよ90%を解決します。

2) ICと信号部品を配置します。主スイッチングノード(LXノード)を敏感なアナログ部品(電流検出配線パターンとREFコンデンサ)から遠ざけます。**重要事項**：このICは電流検出抵抗から10mm以内に配置してください。

REF、VCTL、ICTL、CCV、CCI、CCS、IINP、ACIN、およびDCINに対するノイズが少ない接続は、別のグランド(GND)の島に戻さなければなりません。該当する配線パターンは回路図にグランド記号(≡)で示してあります。これらの配線パターンはほとんど電流が流れないため、グランドの島は大きくする必要はありません。内層に配置する場合、小さい電流の接続はビアを使って行うことができますので、大きいグランド領域にするとレイアウトが簡単になります。パッケージの背面のグランドパッドは、このノイズが少ない島に接続してください。

3) ゲート駆動の配線パターン(DHIおよびDLO)は可能な限り短く(L < 20mm)して、電流検出ラインおよびREFから遠ざけてください。これらの配線パターンは比較的広くしてください(W > 1.25mm)。

4) セラミックのバイパスコンデンサはICの近くに配置します。大型のコンデンサは離して配置することができます。

5) デバイスのPGND端子の直下にシングルポイントのスターグランドを使用してください。電源グランド(グランドプレーン)とノイズが少ないグランドの島をこの場所で接続してください。図12を参照してください。

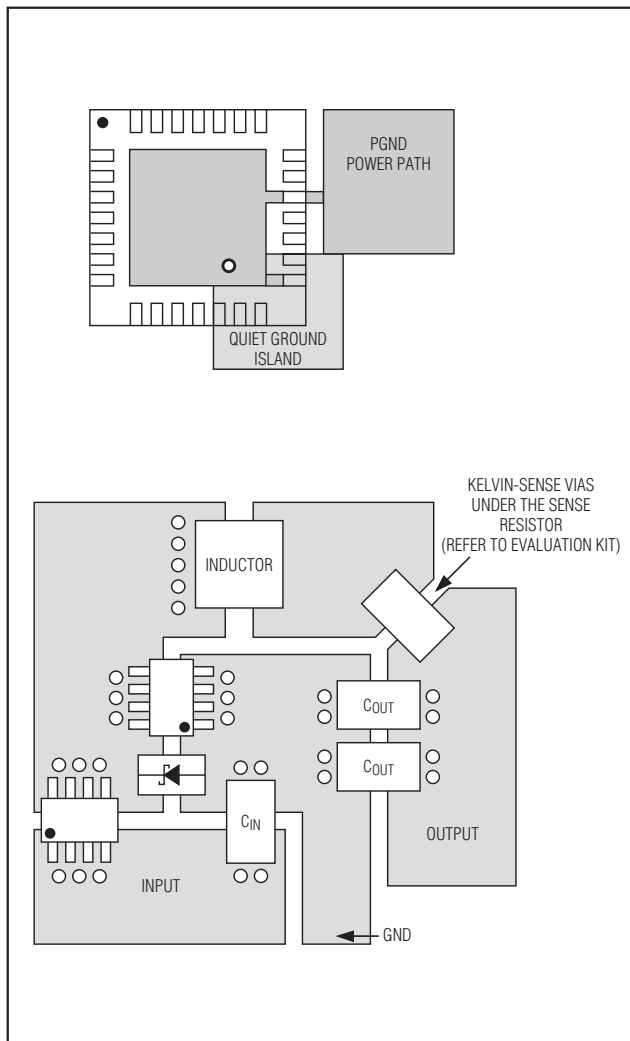


図12. プリント基板のレイアウト例

## チップ情報

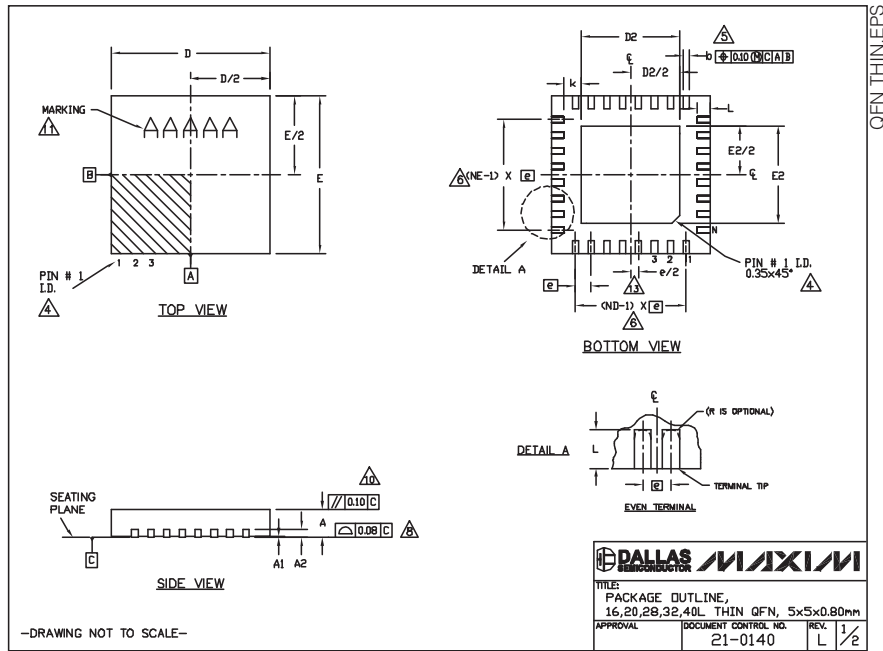
TRANSISTOR COUNT: 2720

PROCESS: BiCMOS

# 自動システムパワーセレクト付き 各種バッテリー対応チャージャ

## パッケージ

(このデータシートに掲載されているパッケージ仕様は、最新版が反映されているとは限りません。最新のパッケージ情報は、[japan.maxim-ic.com/packages](http://japan.maxim-ic.com/packages)をご参照下さい。)



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
A2	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	0.25	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	-	-
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	0.30	0.40	0.50
N	16			20			28			32			40		
ND	4			5			7			8			10		
NE	4			5			7			8			10		
JEDEC	VHFB			VHHC			VHHD-1			VHHD-2			-----		

EXPOSED PAD VARIATIONS												
PKG CODES	32			E2								
	MIN.	NOM.	MAX.	MIN.	NOM.	MAX.						
T1655-2	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20						
T1655-3	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20						
T1655N-1	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20						
T2055-3	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20						
T2055-4	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20						
T2055-5	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35						
T2055MN-5	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35						
T2855-3	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35						
T2855-4	2.60	2.70	2.80	2.60	2.70	2.80						
T2855-5	2.60	2.70	2.80	2.60	2.70	2.80						
T2855-6	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35						
T2855-7	2.60	2.70	2.80	2.60	2.70	2.80						
T2855-8	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35						
T2855N-1	3.15	3.25	3.35	3.15	3.25	3.35						
T3255-3	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20						
T3255-4	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20						
T3255N-4	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20						
T3255-5	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20						
T3255N-1	3.00	3.10	3.20	3.00	3.10	3.20						
T4055-1	3.40	3.50	3.60	3.40	3.50	3.60						
T4055-2	3.40	3.50	3.60	3.40	3.50	3.60						
T4055MN-1	3.40	3.50	3.60	3.40	3.50	3.60						

NOTES:

- DIMENSIONING & TOLERANCING CONFORM TO ASME Y14.5M-1994.
- ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS. ANGLES ARE IN DEGREES.
- N IS THE TOTAL NUMBER OF TERMINALS.
- THE TERMINAL #1 IDENTIFIER AND TERMINAL NUMBERING CONVENTION SHALL CONFORM TO JEDEC 95-1 SFP-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.
- DEPOPULATION IS POSSIBLE IN A SYMMETRICAL FASHION.
- COPLANARITY APPLIES TO THE EXPOSED HEAT SINK SLUG AS WELL AS THE TERMINALS.
- DRAWING CONFORMS TO JEDEC M0220, EXCEPT EXPOSED PAD DIMENSION FOR T2855-3, T2855-6, T4055-1 AND T4055-2.
- WARPAGE SHALL NOT EXCEED 0.10 mm.
- MARKING IS FOR PACKAGE ORIENTATION REFERENCE ONLY.
- NUMBER OF LEADS SHOWN ARE FOR REFERENCE ONLY.
- LEAD CENTERLINES TO BE AT TRUE POSITION AS DEFINED BY BASIC DIMENSION 'e', ±0.05.
- ALL DIMENSIONS APPLY TO BOTH LEADED AND P&FREE PARTS.

APPROVAL

DOCUMENT CONTROL NO. 21-0140

REV. L 2/2

マキシム・ジャパン株式会社

〒169-0051東京都新宿区西早稲田3-30-16 (ホリゾン1ビル)  
TEL. (03)3232-6141 FAX. (03)3232-6149

マキシムは完全にマキシム製品に組込まれた回路以外の回路の使用について一切責任を負いかねます。回路特許ライセンスは明言されていません。マキシムは随時予告なく回路及び仕様を変更する権利を留保します。

30 Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600