

特長

高精度 A/D コンバータ(ADC)

- 2チャンネル同時サンプリングの 16 ビット Σ - Δ ADC を内蔵
- 温度検出用の 3 番目の独立な ADC を内蔵
- ADC スループットが 1 Hz~8 kHz でプログラマブル
- 5 ppm/ $^{\circ}$ C のリファレンス電圧を内蔵

電流チャンネル

- フル差動のバッファ付き入力
- プログラマブル・ゲイン: 1~512
- ADC 入力範囲: -200 mV~+300 mV
- 電流アキュムレータ機能付きのデジタル・コンパレータ

電圧チャンネル

- 12 V バッテリ入力用のバッファ付き減衰器を内蔵

温度チャンネル

- 外付けと内蔵の温度センサー・オプション

マイクロコントローラ

- RISC アーキテクチャの 16/32 ビット ARM7TDMI コアを採用
- プログラマブルな分周器付きの 20.48 MHz PLL を内蔵

PLL 入力ソース

- 内蔵高精度発振器
- 内蔵低消費電力発振器
- 外付け(32.768 kHz)時計水晶

- JTAG ポートがコードのダウンロードとデバッグをサポート

メモリ

- 96 kB のフラッシュ/EE メモリ、6 kB の SRAM
- フラッシュ/EE 書き換え回数: 10,000 サイクル
- フラッシュ/EE のデータ保持時間: 20 年
- JTAG と LIN によるインサーキット・ダウンロード
- 電流 ADC と電圧 ADC 変換結果を格納する 64 x 16 ビット FIFO

内蔵ペリフェラル

- ハードウェア同期付き UART により LIN 1.3 および LIN 2.0 互換 (スレーブ) をサポート
- 柔軟なウェイクアップ I/O ピン、マスター/スレーブ SPI シリアル I/O
- GPIO ポート: 9 ピン、汎用タイマー x2
- ウェイクアップ・タイマーとウォッチドッグ・タイマー
- 電源モニター、パワーオン・リセット内蔵

電源

- 直接 12 V バッテリ電源から動作

消費電流

- ノーマル・モード: 10 MHz で 10 mA
- 低消費電力モニター・モード: 175 μ A

パッケージと温度範囲

- 48 ピン、7 mm x 7 mm LQFP
- 40 $^{\circ}$ C~+105 $^{\circ}$ C の動作仕様

アプリケーション

車載システム向けのバッテリー検出/管理

機能ブロック図

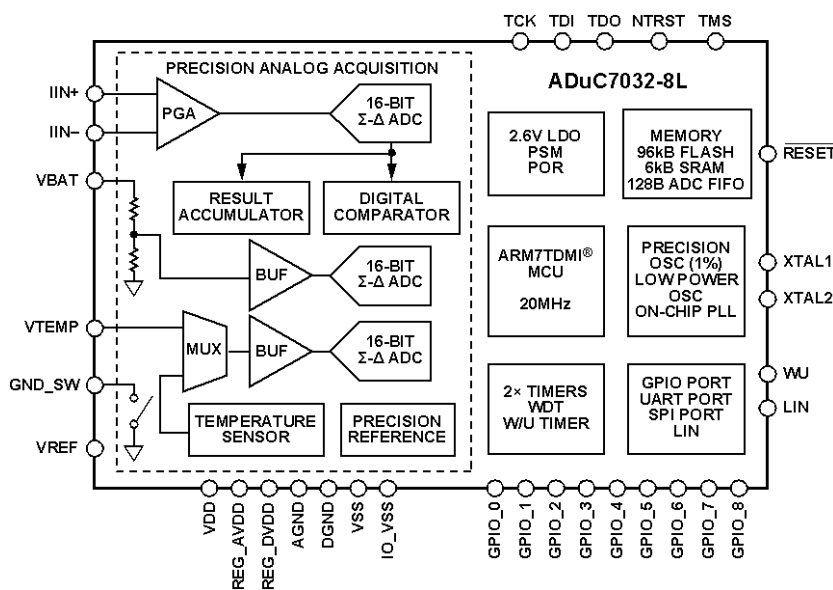


図 1.

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、各社の所有に属します。
※日本語データシートは REVISION が古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。
©2007 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

目次

特長.....	1	割り込みシステム.....	67
アプリケーション.....	1	タイマー.....	69
改訂履歴.....	2	タイマー0—寿命タイマー.....	70
仕様.....	3	タイマー1.....	72
電氣的仕様.....	3	タイマー2、ウェイクアップ・タイマー.....	74
タイミング仕様.....	9	タイマー3、ウォッチドッグ・タイマー.....	76
絶対最大定格.....	15	汎用 I/O.....	78
ESD の注意.....	15	高電圧ペリフェラル・コントロール・インターフェース.....	88
ピン配置およびピン機能説明.....	16	WU (ウェイクアップ)ピン.....	94
用語.....	19	高電圧ペリフェラル・コントロール・インターフェースから の割り込みの処理.....	95
動作原理.....	20	低電圧フラグ(LVF).....	95
ARM7TDMI®コアの概要.....	20	高電圧診断.....	95
メモリ構成.....	22	UART シリアル・インターフェース.....	96
リセット.....	24	ポー・レートが発生.....	96
フラッシュ/EE メモリと ADuC7032-8L.....	25	UART レジスタの定義.....	96
フラッシュ/EE メモリ・コントロール・インターフェース.....	25	シリアル・ペリフェラル・インターフェース.....	100
フラッシュ/EE メモリのセキュリティ.....	28	MISO (マスタ・イン、スレーブ・アウト・データ I/O ピン)	100
フラッシュ/EE メモリの信頼性.....	31	MOSI (マスタ・アウト、スレーブ・イン・ピン).....	100
SRAM とフラッシュ/EE からのコード実行時間.....	31	SCLK (シリアル・クロック I/O ピン).....	100
メモリ・マップド・レジスタ.....	34	チップ・セレクト(\overline{SS})入力ピン.....	100
全 MMR のリスト.....	35	SPI レジスタの定義.....	100
16 ビット・シグマ・デルタ A/D コンバータ.....	39	LIN (ローカル・インターコネクト・ネットワーク)インターフェ ース.....	103
電流チャンネル ADC (I-ADC).....	39	LIN MMR の説明.....	103
電圧チャンネル ADC (V-ADC).....	40	LIN ハードウェア・インターフェース.....	107
温度チャンネル ADC (T-ADC).....	40	ADuC7032-8L の内蔵診断機能.....	111
ADC グラウンド・スイッチ.....	41	ADC 診断.....	111
ADC ノイズの性能表.....	42	高電圧 I/O 診断.....	111
ADC MMR インターフェース.....	43	デバイスの識別.....	112
ADC 低消費電力動作モード.....	54	ADuC7032-8L の回路例.....	115
ADC の診断.....	59	外形寸法.....	116
電源サポート回路.....	60	オーダー・ガイド.....	116
ADuC7032-8L のシステム・クロック.....	61		
ADuC7032-8L 低消費電力クロックのキャリブレーション.....	65		
プロセッサ参照ペリフェラル.....	67		

改訂履歴

8/07—Revision 0: Initial Version

仕様

電氣的仕様

特に指定のない限り、 $V_{DD} = 3.5\text{ V} \sim 18\text{ V}$ 、 $V_{REF} = 1.2\text{ V}$ 内部リファレンス電圧、 $f_{CORE} = 10.24\text{ MHz}$ (外付け 32.768 kHz の時計水晶または内蔵高精度発振器から駆動)、すべての仕様は $T_A = -40^\circ\text{C} \sim +105^\circ\text{C}$ で規定。

表 1.

Parameter	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
ADC SPECIFICATIONS					
Conversion Rate ¹					
	Chop off, ADC normal operating mode	4		8000	Hz
	Chop on, ADC normal operating mode	4		2600	Hz
	Chop on, ADC low power mode	1		650	Hz
Current Channel					
No Missing Codes ¹	Valid for all ADC update rates and ADC modes	16			Bits
Integral Nonlinearity ¹			± 10	± 60	ppm of FSR
Offset Error ^{2,3,4,5}	Chop off, 1 LSB = (36.6/gain) μV , after initial offset calibration	-10	± 3	+10	LSB
Offset Error ^{..}	Chop off, 1 LSB = (36.6/gain) μV	-15		+35	LSB
Offset Error ^{1..6}	Chop on	-2	± 0.5	+2	μV
Offset Error ¹	Chop on, low power mode or low power plus mode, MCU powered down	0	-200	-650	nV
Offset Error ¹	Chop on, normal mode, CD = 1	0	-1.5	-5	μV
Offset Error Drift	Chop off, valid for ADC gains of 4 to 64, normal mode		0.03		LSB/ $^\circ\text{C}$
Offset Error Drift	Chop off, valid for ADC gains of 128 to 512, normal mode		30		nV/ $^\circ\text{C}$
Offset Error Drift	Chop on		10		nV/ $^\circ\text{C}$
Total Gain Error ^{1..7,8,9}	Normal mode	-0.5	± 0.1	+0.5	%
Total Gain Error ^{1..10}	Low power mode	-4	± 0.2	+4	%
Total Gain Error ^{1..11}	Low power plus mode, using precision VREF	-1	± 0.2	+1	%
Gain Drift			3		ppm/ $^\circ\text{C}$
PGA Gain Mismatch Error			± 0.1		%
Output Noise ^{1,11}	4 Hz update rate, gain = 512, chop enabled		60	90	nV rms
	10 Hz update rate, gain = 512, chop enabled		100	150	nV rms
	1 kHz update rate, gain = 512		0.6	0.9	μV rms
	1 kHz update rate, gain = 32		0.8	1.2	μV rms
	1 kHz update rate, gain = 4		2.0	2.8	μV rms
	8 kHz update rate, gain = 32		2.5	3.5	μV rms
	8 kHz update rate, gain = 4		14	21	μV rms
	ADC low power mode, $f_{ADC} = 10\text{ Hz}$, gain = 128		1.25	1.9	μV rms
	ADC low power mode, $f_{ADC} = 1\text{ Hz}$, gain = 128		0.35	0.5	μV rms
	ADC low power plus mode, $f_{ADC} = 1\text{ Hz}$, gain = 512		0.1	0.15	μV rms
Voltage Channel¹²					
No Missing Codes ¹	Valid at all ADC update rates	16			Bits
Integral Nonlinearity ¹			± 10	± 60	ppm of FSR
Offset Error ^{..}	Chop off, 1 LSB = 439.5 μV	-10	± 1	+10	LSB
Offset Error ¹	Chop on		0.3	1	LSB
Offset Error Drift	Chop off		0.03		LSB/ $^\circ\text{C}$
Total Gain Error ^{1..13,14}	Includes resistor mismatch	-0.25	± 0.06	+0.25	%
Total Gain Error ^{1..15}	Temperature range = -25°C to $+65^\circ\text{C}$	-0.15	± 0.03	+0.15	%
Gain Drift	Includes resistor mismatch drift		3		ppm/ $^\circ\text{C}$
Output Noise ^{1,15}	4 Hz update rate		60	90	μV rms
	10 Hz update rate		60	90	μV rms
	1 kHz update rate		180	270	μV rms
	8 kHz update rate		1600	2400	μV rms

Parameter	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
Temperature Channel					
No Missing Codes ¹	Valid at all ADC update rates	16			Bits
Integral Nonlinearity ¹			±10	±60	ppm of FSR
Offset Error ^{1,16,17}	Chop off, 1 LSB = 19.84 μV	-10	±3	+10	LSB
Offset Error ¹	Chop on	-5	1	+5	LSB
Offset Error Drift			0.03		LSB/°C
Total Gain Error ^{1,18}		-0.25	±0.06	+0.25	%
Gain Drift			3		ppm/°C
Output Noise ¹	1 kHz update rate		7.5	11.25	μV rms
ADC SPECIFICATIONS, ANALOG INPUT	Internal VREF = 1.2 V				
Current Channel					
Absolute Input Voltage Range	Applies to both IIN+ and IIN-	-200		+300	mV
Input Voltage Range ^{19,20}	Gain = 1 ²¹		±1.2		V
	Gain = 2 ²¹		±600		mV
	Gain = 4 ²¹		±300		mV
	Gain = 8		±150		mV
	Gain = 16		±75		mV
	Gain = 32		±37.5		mV
	Gain = 64		±18.75		mV
	Gain = 128		±9.375		mV
	Gain = 256		±4.68		mV
	Gain = 512		±2.3		mV
Input Leakage Current ¹		-3		+3	nA
Input Offset Current ^{1,22}			0.5	1.5	nA
Voltage Channel					
Absolute Input Voltage Range		4		18	V
Input Voltage Range			0 to 28.8		V
VBAT Input Current	VBAT = 18 V	3	5.5	8	μA
Temperature Channel					
Absolute Input Voltage Range		100		1300	mV
Input Voltage Range			0 to VREF		V
VTEMP Input Current ¹			2.5	100	nA
VOLTAGE REFERENCE					
ADC Precision Reference					
Internal VREF			1.2		V
Power-Up Time ¹			0.5		ms
Initial Accuracy ¹	Measured at T _A = 35°C	-0.15		+0.15	%
Internal VREF Temperature Coefficient ^{1,23}		-20	±5	+20	ppm/°C
Long-Term Stability ²⁴			100		ppm/1000 hr
External Reference Input Range ²⁵		0.1		1.3	V
VREF Divide-by-2 Initial Error ¹			0.1	0.3	%
ADC Low Power Reference					
Internal VREF			1.2		V
Initial Accuracy	Measured at T _A = 35°C	-5		+5	%
Initial Accuracy	Using ADCREF, measured at T _A = 35°C		0.1		%
Temperature Coefficient ¹		-300		+300	ppm/°C
RESISTIVE ATTENUATOR					
Divider Ratio			24		
Resistor Mismatch Drift			3		ppm/°C

Parameter	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
ADC GROUND SWITCH					
Resistance	Direct path to ground 20 kΩ resistor selected		10		Ω
Input Current		10	20	30	kΩ mA
TEMPERATURE SENSOR ²⁶					
Accuracy	MCU in power-down or standby mode; temperature range = -40°C to -30°C	-4		+4	°C
	MCU in power-down or standby mode; temperature range = -30°C to -16°C	-3		+3	°C
	MCU in power-down or standby mode; temperature range = -16°C to +40°C	-2		+2	°C
	MCU in power-down or standby mode; temperature range = +40°C to +70°C	-4		+4	°C
	MCU in power-down or standby mode; temperature range = +70°C to +85°C	-8		+8	°C
	MCU in power-down or standby mode; temperature range = +85°C to +105°C	-12		+12	°C
POWER-ON RESET (POR)					
POR Trip Level	Refers to voltage at VDD pin	2.85	3.0	3.15	V
POR Hysteresis			300		mV
Reset Timeout from POR			20		ms
LOW VOLTAGE FLAG (LVF)					
LVF Level	Refers to voltage at VDD pin	1.9	2.1	2.3	V
POWER SUPPLY MONITOR (PSM)					
PSM Trip Level	Refers to voltage at VDD pin		6.0		V
WATCHDOG TIMER (WDT)					
Timeout Period ¹	32.768 kHz clock, 256 prescale	0.008		512	sec
Timeout Step Size			7.8		ms
FLASH/EE MEMORY ¹					
Endurance ²⁷		10,000			Cycles
Data Retention ²⁸		20			Years
DIGITAL INPUTS	All digital inputs except NTRST				
Input Leakage Current	Input (high) = REG_DVDD	-10	±1	+10	μA
Input Pull-Up Current	Input (low) = 0 V	-80	-20	-10	μA
Input Capacitance			10		pF
Input Leakage Current	NTRST only: input (low) = 0 V	-10	±1	+10	μA
Input Pull-Down Current	NTRST only: input (high) = REG_DVDD	30	55	100	μA
LOGIC INPUTS ¹	All logic inputs				
Input Low Voltage (VINL)				0.4	V
Input High Voltage (VINH)		2.0			V
CRYSTAL OSCILLATOR ¹					
Logic Inputs, XTAL1 Only					
Input Low Voltage (VINL)				0.8	V
Input High Voltage (VINH)		1.7			V
XTAL1 Capacitance			12		pF
XTAL2 Capacitance			12		pF
ON-CHIP OSCILLATORS					
Low Power Oscillator			131.072		kHz
Accuracy ²⁹	Includes drift data from 1000 hr life test	-3		+3	%
Precision Oscillator			131.072		kHz
Accuracy	Includes drift data from 1000 hr life test	-1		+1	%
MCU CLOCK RATE	Eight programmable core clock selections within this range (binary divisions 1, 2, 4, 8, . . .64, 128)	0.160	10.24	20.48	MHz
MCU START-UP TIME					
At Power-On	Includes kernel power-on execution time		25		ms
After Reset Event	Includes kernel power-on execution time		5		ms
From MCU Power-Down Oscillator Running					

Parameter	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
Wake-Up from Interrupt			2		ms
Wake-Up from LIN			2		ms
Crystal Powered Down			500		ms
Wake-Up from Interrupt			1		ms
Internal PLL Lock Time			1		ms
LIN I/O GENERAL					
Baud Rate		1000		20,000	Bits/sec
VDD	Supply voltage range at which the LIN interface is functional	7		18	V
Input Capacitance			5.5		pF
LIN Comparator Response Time	Using 22 Ω resistor		38	90	μ s
$I_{LIN_DOM_MAX}$	Current limit for driver when LIN bus is in dominant state; VBAT = VBAT(MAX)	40		200	mA
$I_{LIN_PAS_REC}$	Driver off; 7.0 V < V_{BUS} < 18 V; VDD = $V_{LIN} - 0.7$ V	-20		+20	μ A
$I_{LIN_PAS_DOM}^1$	Input leakage $V_{LIN} = 0$ V	-1			mA
$I_{LIN_NO_GND}^{30}$	Control unit disconnected from ground, GND = VDD; 0 V < V_{LIN} < 18 V; VBAT = 12 V	-1		+1	mA
$V_{LIN_DOM}^1$	LIN receiver dominant state, VDD > 7.0 V			0.4 VDD	V
$V_{LIN_REC}^1$	LIN receiver recessive state, VDD > 7.0 V	0.6 VDD			V
$V_{LIN_CNT}^1$	LIN receiver center voltage, VDD > 7.0 V	0.475	0.5 VDD	0.525	V
		VDD		VDD	
				0.175	
V_{HYS}^1	LIN receiver hysteresis voltage			VDD	V
$V_{LIN_DOM_DRV_LOSUP}^1$	LIN dominant output voltage; VDD = 7.0 V				
R_L 500 Ω				1.2	V
R_L 1000 Ω		0.6			V
$V_{LIN_DOM_DRV_HISUP}^1$	LIN dominant output voltage; VDD = 18 V				
R_L 500 Ω				2	V
R_L 1000 Ω		0.8			V
$V_{LIN_RECESSIVE}$	LIN recessive output voltage	0.8 VDD			V
VBAT Shift		0		0.1 VDD	V
GND Shift		0		0.1 VDD	V
R_{SLAVE}	Slave termination resistance	20	29	47	k Ω
V_{SERIAL_DIODE}	Voltage drop at the serial diode, D_{Ser_Int}	0.4	0.7	1	V
Transmit Propagation Delay ¹	$V_{DDMIN} = 7$ V			4	μ s
	Bus load conditions ($C_{BUS} R_{BUS}$): 1 nF 1 k Ω ; 6.8 nF 660 Ω ; 10 nF 500 Ω				
Symmetry of Transmit					
Propagation Delay ¹	$V_{DDMIN} = 7$ V	-2		+2	μ s
Receive Propagation Delay ¹	$V_{DDMIN} = 7$ V			6	μ s
Symmetry of Receive					
Propagation Delay ¹	$V_{DDMIN} = 7$ V	-2		+2	μ s
LIN v.1.3 SPECIFICATION					
$\left \frac{dV}{dt} \right $	Bus load conditions ($C_{BUS} R_{BUS}$): 1 nF 1 k Ω ; 6.8 nF 660 Ω ; 10 nF 500 Ω				
	Slew rate				
	Dominant and recessive edges, VBAT = 18 V	1	2	3	V/ μ s
$\left \frac{dV}{dt} \right $	Slew rate				
	Dominant and recessive edges, VBAT = 7 V	0.5		3	V/ μ s
t_{SYM}	Symmetry of rising and falling edge, VBAT = 18 V	-5		+5	μ s
	Symmetry of rising and falling edge, VBAT = 7 V	-4		+4	μ s
LIN 2.0 SPECIFICATION					
D1	Bus load conditions ($C_{BUS} R_{BUS}$): 1 nF 1 k Ω ; 6.8 nF 660 Ω ; 10 nF 500 Ω				
	Duty Cycle 1	0.396			
	$TH_{REC(MAX)} = 0.744 \times VBAT$,				
	$TH_{DOM(MAX)} = 0.581 \times VBAT$,				
	$V_{SUP} = 7.0$ V...18 V; $t_{BIT} = 50$ μ s,				
	$D1 = t_{BUS_REC(MIN)}/(2 \times t_{BIT})$				

Parameter	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
D2	Duty Cycle 2 $TH_{REC(MIN)} = 0.284 \times V_{BAT}$, $TH_{DOM(MIN)} = 0.422 \times V_{BAT}$, $V_{SUP} = 7.0 \text{ V} \dots 18 \text{ V}$; $t_{BIT} = 50 \mu\text{s}$, $D2 = t_{BUS_REC(MAX)}/(2 \times t_{BIT})$			0.581	
PACKAGE THERMAL SPECIFICATIONS					
Thermal Shutdown ³¹	48-lead LQFP, stacked die Top die Bottom die	140	150	160	°C
Thermal Impedance (θ_{JA}) ³²			50		°C/W
			25		°C/W
POWER REQUIREMENTS					
Power Supply Voltages					
VDD (Battery Supply)		3.5		18	V
REG_DVDD, REG_AVDD ³³		2.5	2.6	2.7	V
Power Consumption					
I_{DD} (MCU Normal Mode) ³⁴	MCU clock rate = 10.24 MHz, ADC off		10	20	mA
	MCU clock rate = 20.48 MHz, ADC off		20	30	mA
I_{DD} (MCU Powered Down) ¹	ADC low power mode, measured over an ambient temperature range of -10°C to +40°C (continuous ADC conversion)		300	400	μA
	ADC low power mode, measured over an ambient temperature range of -40°C to +85°C (continuous ADC conversion)		300	500	μA
	ADC low power plus mode, measured over an ambient temperature range of -10°C to +40°C (continuous ADC conversion)		520	700	μA
	Average current, measured with wake-up and watchdog timer clocked from low power oscillator (-40°C to +85°C)		120	300	μA
	Average current, measured with wake-up and watchdog timer clocked from low power oscillator over an ambient temperature range of -10°C to +40°C		120	175	μA
I_{DD} (Current ADC)			1.7		mA
I_{DD} (Voltage/Temperature ADC)	Per ADC		0.5		mA
I_{DD} (Precision Oscillator)			400		μA

¹ これらの値は出荷テストにより保証しませんが、デザインおよび/または量産開始時にリリースされるキャラクタライゼーション・データにより保証します。

² PGA = 4~64 の電流 ADC ゲイン設定に対して有効。

³ これらには温度ドリフトを含みます。

⁴ ゲイン範囲= 4 でテスト。セルフ・オフセット・キャリブレーションによりこの誤差を除去。

⁵ 初期オフセット・キャリブレーション後に内部で短絡して測定。

⁶ 内部で短絡して測定。

⁷ 内部リファレンス電圧の温度ドリフトを含みます。

⁸ ゲイン= 1 で出荷時にキャリブレーション。

⁹ 特定のゲイン範囲でシステム・キャリブレーションを行うと、その温度とそのゲイン範囲での誤差が除去されます。

¹⁰ ADCREF (低消費電力モード・レファレンス誤差) MMR と組み合わせて使用した場合に有効。

¹¹ 低消費電力モードでのノイズ(Typ)は、チョップをイネーブルして測定。

¹² 電圧チャンネル仕様には抵抗減衰器入力ステージが含まれます。

¹³ 初期システム・キャリブレーションを含みます。

¹⁴ システム・キャリブレーションによりこの温度での誤差が除去されます。

¹⁵ RMS ノイズは電圧減衰器入力換算です。たとえば、 $f_{ADC} = 1 \text{ kHz}$ で、ADC 入力での rms ノイズ(typ)は 7.5 μV ですが、減衰器(24)でスケールして、これらの入力換算ノイズ係数が得られます。

¹⁶ ADC セルフ・オフセット・キャリブレーションによりこの誤差が除去されます。

¹⁷ 初期セルフ・キャリブレーション後に有効。

¹⁸ 出荷時テストで内部温度センサーのキャリブレーションが行われています。

¹⁹ ADC 低消費電力モードで、入力範囲を 79.375 mV に固定。ADC 低消費電力プラス・モードで、入力範囲を 72.34375 mV に固定。

²⁰ ゲイン・キャリブレーション・レジスタの出荷時設定値を変更するか、またはシステム・キャリブレーションを使って、ADC 入力範囲を最大 10% 拡張することが可能。この方法は、ADC 入力範囲(LSB サイズ)を小さくする際にも使用可能。

²¹ 最小/最大絶対入力電圧範囲により制限されます。

²² 10 mV 以下の差動入力に対して有効。

²³ ボックス方法を使って測定。

²⁴ 長時間安定性仕様は非累積的です。後続の1000時間のドリフトは、最初の1000時間より大幅に小さくなります。

²⁵ 内部2分割をイネーブルすると、最大REG_AVDDのリファレンス電圧に対応できます。

²⁶ チップ温度。

²⁷ 書き込みサイクルは、JEDEC Std に基づき 10,000 サイクルで評価。書き込みサイクルは、JEDEC Std. 22 Method A117 に基づき 22 サイクルで評価し、-40 - C、+25 - C、+125 - C で測定。25 - C での書き換え回数(Typ)は 170,000 サイクル。

²⁸ JEDEC Std. 22、メソッド A117 に基づく接合部温度(TJ) = 55°C と等価なデータ保持寿命。データ保持寿命は接合温度により性能低下します。

²⁹ 低消費電力発振器は、高精度発振器またはユーザー・コード内の外付け 32.768 kHz 水晶に対してキャリブレーションすることができます。

³⁰ これらの値は、出荷テストを行いませんが、LIN コンプライアンス・テストでサポートされています。

³¹ MCU コアはシャットダウンしませんが、イネーブルされていると割り込みが発生します。

³² 熱抵抗は、周囲温度—チップ温度間の熱勾配の計算に使うことができます。

³³ 内部安定化電源は、REG_DVDD ($I_{SOURCE} = 5 \text{ mA}$) と REG_AVDD ($I_{SOURCE} = 1 \text{ mA}$) が使用可能。

³⁴ フラッシュ/EE メモリの書き込み時と消去サイクル時の消費電流の増加値(Typ)は、それぞれ 7 mA と 5 mA です。

タイミング仕様

SPI タイミング仕様

表 2.SPI マスタ・モード・タイミング(位相モード=1)

Parameter	Description	Min	Typ	Max	Unit
t_{SL}	SCLK low pulse width ¹		$(SPIDIV + 1) \times t_{HCLK}$		ns
t_{SH}	SCLK high pulse width		$(SPIDIV + 1) \times t_{HCLK}$		ns
t_{DAV}	Data output valid after SCLK edge ²			$(2 \times t_{UCLK}) + (2 \times t_{HCLK})$	ns
t_{DSU}	Data input setup time before SCLK edge	0			ns
t_{DHD}	Data input hold time after SCLK edge	$3 \times t_{UCLK}$			ns
t_{DF}	Data output fall time		3.5		ns
t_{DR}	Data output rise time		3.5		ns
t_{SR}	SCLK rise time		3.5		ns
t_{SF}	SCLK fall time		3.5		ns

¹ t_{HCLK} は、クロック分周器または PLLCON MMR の CD ビットに依存。 $t_{HCLK} = t_{UCLK} / 2^{CD}$ 。

² $t_{UCLK} = 48.8$ ns。分周器前の PLL からの 20.48 MHz 内部クロックに対応。

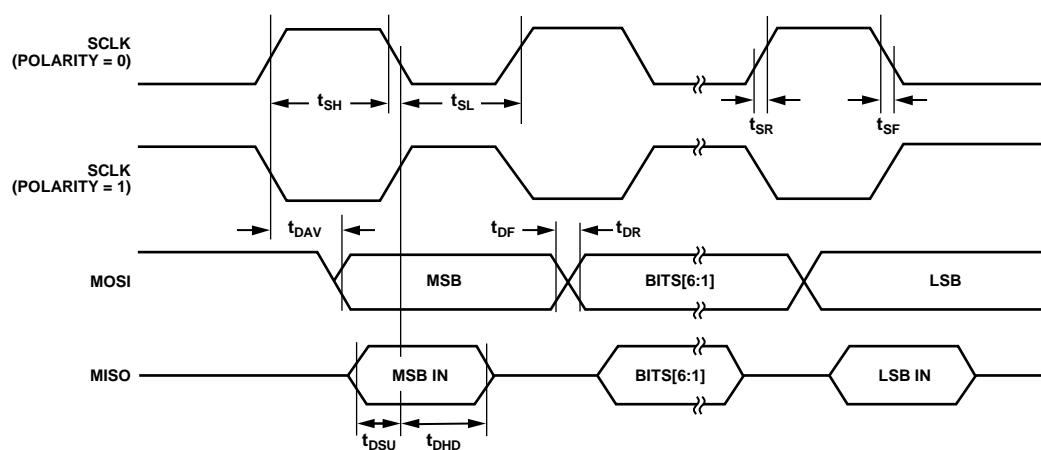


図 2.SPI マスタ・モード・タイミング(位相モード=1)

表 3.SPI マスタ・モード・タイミング(位相モード=0)

Parameter	Description	Min	Typ	Max	Unit
t_{SL}	SCLK low pulse width ¹		$(SPIDIV + 1) \times t_{HCLK}$		ns
t_{SH}	SCLK high pulse width		$(SPIDIV + 1) \times t_{HCLK}$		ns
t_{DAV}	Data output valid after SCLK edge ²			$(2 \times t_{UCLK}) + (2 \times t_{HCLK})$	ns
t_{DOSU}	Data output setup time before SCLK edge		$\frac{1}{2} t_{SL}$		ns
t_{DSU}	Data input setup time before SCLK edge	0			ns
t_{DHD}	Data input hold time after SCLK edge	$3 \times t_{UCLK}$			ns
t_{DF}	Data output fall time		3.5		ns
t_{DR}	Data output rise time		3.5		ns
t_{SR}	SCLK rise time		3.5		ns
t_{SF}	SCLK fall time		3.5		ns

¹ t_{HCLK} は、クロック分周器または PLLCON MMR の CD ビットに依存。 $t_{HCLK} = t_{UCLK} / 2^{CD}$ 。

² $t_{UCLK} = 48.8$ ns。分周器前の PLL からの 20.48 MHz 内部クロックに対応。

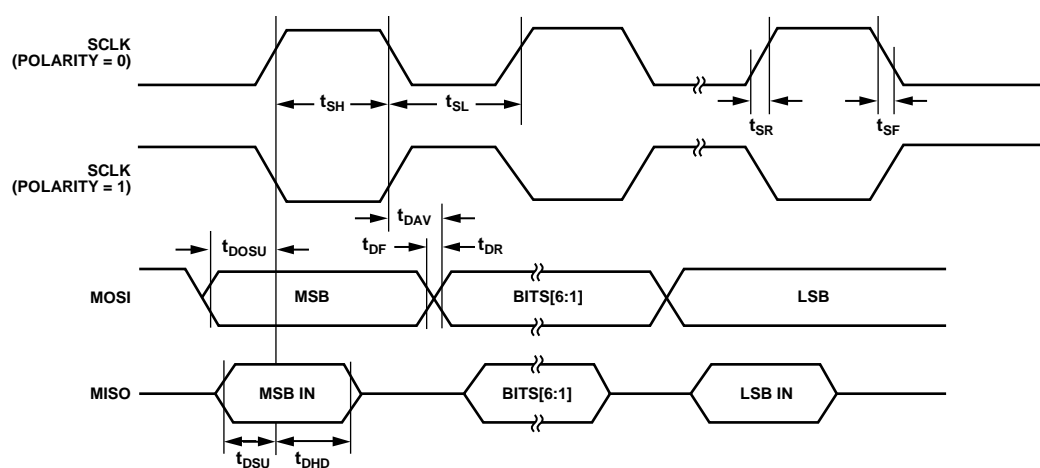


図 3.SPI マスタ・モード・タイミング(位相モード=0)

05986-003

表 4.SPI スレーブ・モード・タイミング(位相モード= 1)

Parameter	Description	Min	Typ	Max	Unit
$t_{\overline{SS}}$	\overline{SS} to SCLK edge		$\frac{1}{2} t_{SL}$		ns
t_{SL}	SCLK low pulse width ¹		$(SPIDIV + 1) \times t_{HCLK}$		ns
t_{SH}	SCLK high pulse width		$(SPIDIV + 1) \times t_{HCLK}$		ns
t_{DAV}	Data output valid after SCLK edge ²			$(3 \times t_{UCLK}) + (2 \times t_{HCLK})$	ns
t_{DSU}	Data input setup time before SCLK edge	0			ns
t_{DHD}	Data input hold time after SCLK edge	$4 \times t_{UCLK}$			ns
t_{DF}	Data output fall time		3.5		ns
t_{DR}	Data output rise time		3.5		ns
t_{SR}	SCLK rise time		3.5		ns
t_{SF}	SCLK fall time		3.5		ns
t_{SFS}	\overline{SS} high after SCLK edge		$\frac{1}{2} t_{SL}$		ns

¹ t_{HCLK} は、クロック分周器または PLLCON MMR の CD ビットに依存。 $t_{HCLK} = t_{UCLK} / 2^{CD}$ 。

² $t_{UCLK} = 48.8 \text{ ns}$ 。分周器前の PLL からの 20.48 MHz 内部クロックに対応。

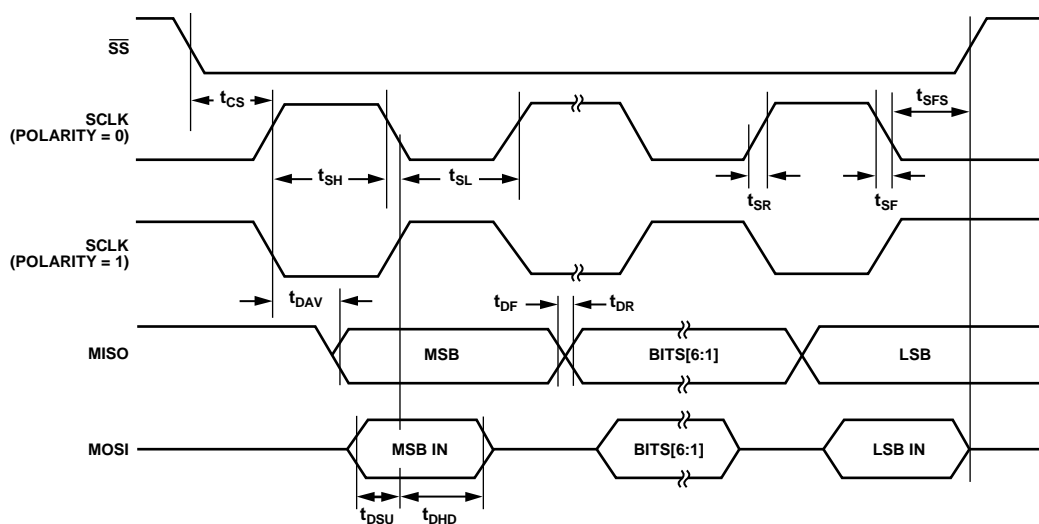


図 4.SPI スレーブ・モード・タイミング(位相モード= 1)

05986-004

表 5.SPI スレーブ・モード・タイミング(位相モード=0)

Parameter	Description	Min	Typ	Max	Unit
$t_{\overline{SS}}$	\overline{SS} to SCLK edge		$\frac{1}{2} t_{SL}$		ns
t_{SL}	SCLK low pulse width ¹		$(SPIDIV + 1) \times t_{HCLK}$		ns
t_{SH}	SCLK high pulse width		$(SPIDIV + 1) \times t_{HCLK}$		ns
t_{DAV}	Data output valid after SCLK edge ²			$(3 \times t_{UCLK}) + (2 \times t_{HCLK})$	ns
t_{DSU}	Data input setup time before SCLK edge	0			ns
t_{DHD}	Data input hold time after SCLK edge	$4 \times t_{UCLK}$			ns
t_{DF}	Data output fall time		3.5		ns
t_{DR}	Data output rise time		3.5		ns
t_{SR}	SCLK rise time		3.5		ns
t_{SF}	SCLK fall time		3.5		ns
t_{DOCS}	Data output valid after \overline{SS} edge			$(3 \times t_{UCLK}) + (2 \times t_{HCLK})$	ns
t_{SFS}	\overline{SS} high after SCLK edge		$\frac{1}{2} t_{SL}$		ns

¹ t_{HCLK} は、クロック分周器または PLLCON MMR の CD ビットに依存。 $t_{HCLK} = t_{UCLK} / 2^{CD}$ 。

² $t_{UCLK} = 48.8$ ns。分周器前の PLL からの 20.48 MHz 内部クロックに対応。

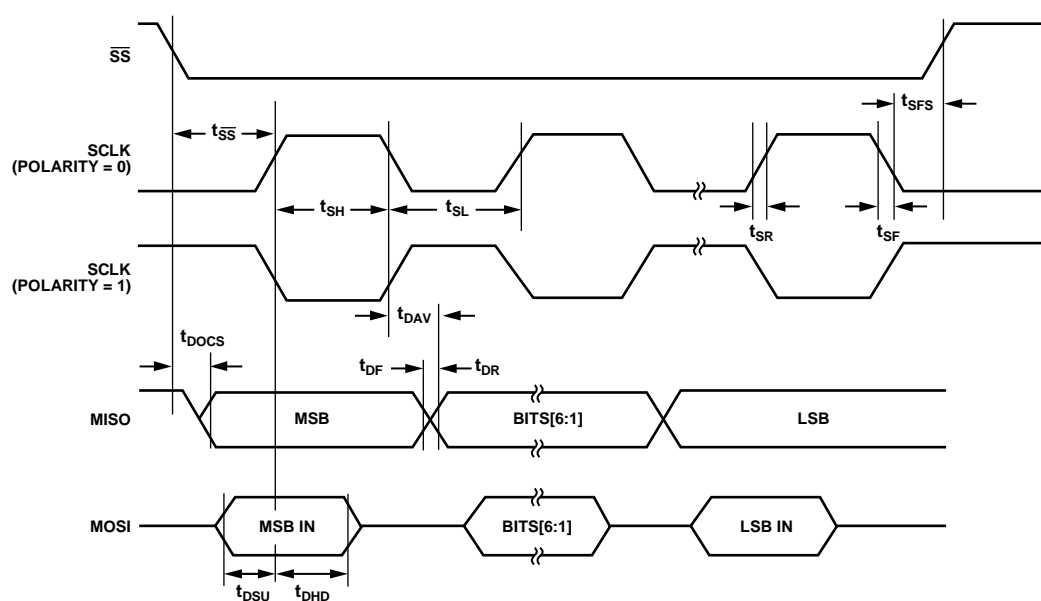


図 5.SPI スレーブ・モード・タイミング(位相モード=0)

05986-005

LIN タイミング仕様

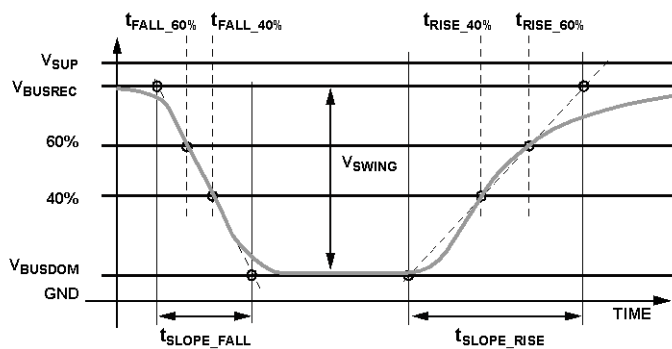
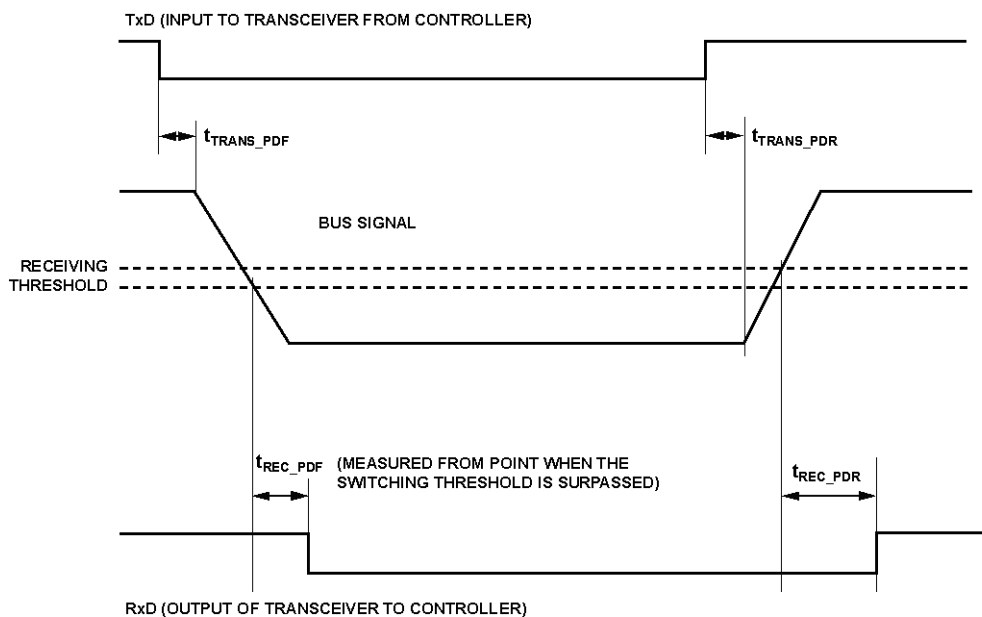


図 6.LIN v.1.3 タイミング仕様

05385-006

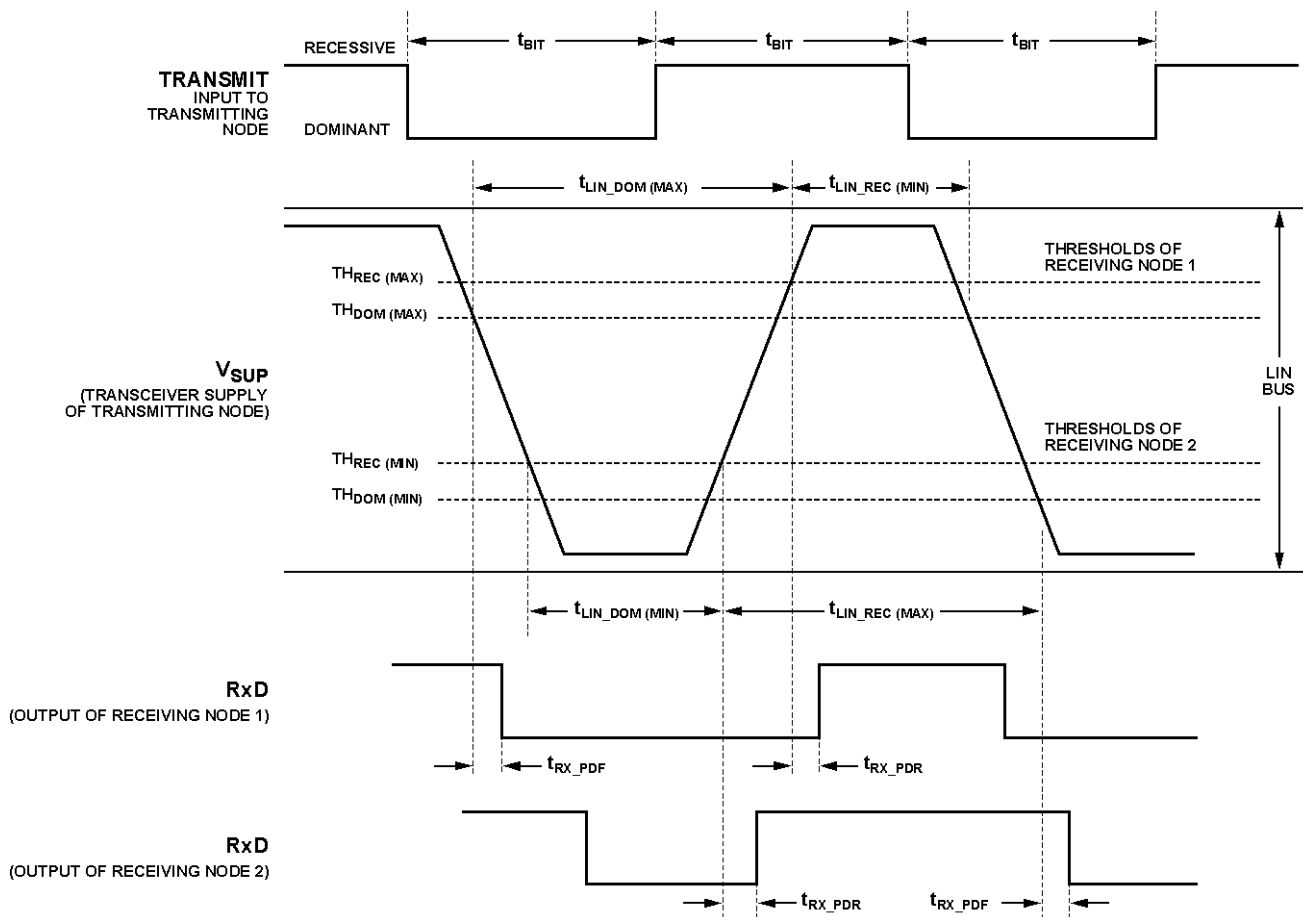


図 7.LIN 2.0 タイミング仕様

05986-007

絶対最大定格

特に指定のない限り、 $T_A = -40^{\circ}\text{C} \sim +105^{\circ}\text{C}$ 。

表 6.

Parameter	Rating
AGND to DGND to VSS to IO_VSS	-0.3 V to +0.3 V
VBAT to AGND	-22 V to +40 V
VDD to VSS	-0.3 V to +33 V
VDD to VSS for 1 sec	-0.3 V to +40 V
LIN to IO_VSS	-16 V to +40 V
WU to IO_VSS	-3 V to +33 V
WU Continuous Current	50 mA
High Voltage I/O Pins Short-Circuit Current	100 mA
Digital I/O Voltage to DGND	-0.3 V to REG_DVDD + 0.3 V
VREF to AGND	-0.3 V to REG_AVDD + 0.3 V
ADC Inputs to AGND	-0.3 V to REG_AVDD + 0.3 V
Storage Temperature	130°C
Junction Temperature (Transient)	150°C
Junction Temperature (Continuous)	130°C
Lead Temperature	
Soldering Reflow (15 sec)	260°C

上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えるとデバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。この規定はストレス定格の規定のみを目的とするものであり、この仕様の動作の節に記載する規定値以上のデバイス動作を定めたものではありません。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くとデバイスの信頼性に影響を与えます。

ESD の注意



ESD（静電放電）の影響を受けやすいデバイスです。電荷を帯びたデバイスや回路ボードは、検知されないまま放電することがあります。本製品は当社独自の特許技術である ESD 保護回路を内蔵してはいますが、デバイスが高エネルギーの静電放電を被った場合、損傷を生じる可能性があります。したがって、性能劣化や機能低下を防止するため、ESD に対する適切な予防措置を講じることをお勧めします。

ピン配置およびピン機能説明

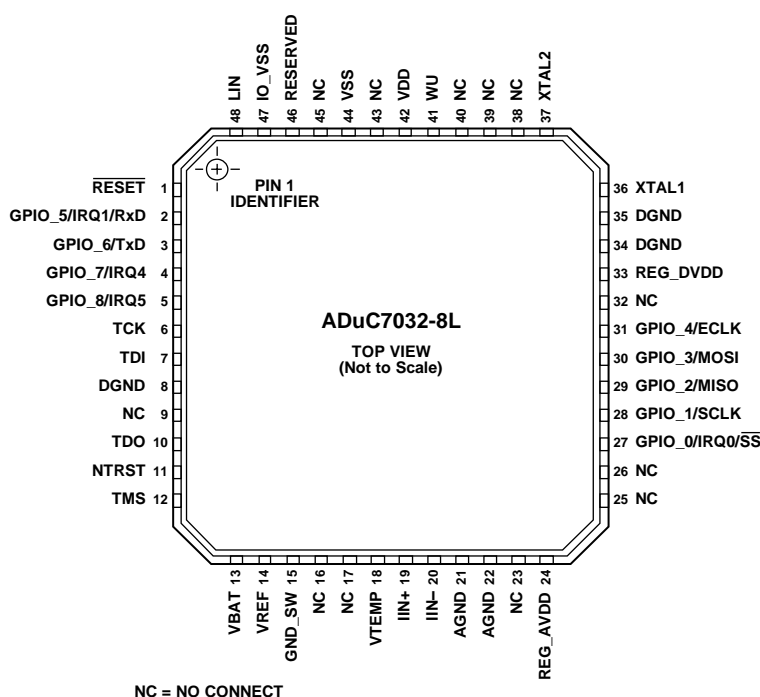


Figure 8. ピン配置

表 7. ピン機能の説明

ピン番号	記号	タイプ ¹	説明
1	RESET	I	Reset 入力ピン、アクティブ・ロー。このピンは REG_DVDD に接続した弱いプルアップ抵抗を内部に持っています。使用しないときは、このピンを解放のままにしてください。セキュリティと安定のために、このピンを抵抗を介して REG_DVDD に接続することをお勧めします。
2	GPIO_5/IRQ1/RxD	I/O	汎用デジタル I/O 5、外部割り込み要求 1、または受信データ。デフォルトおよびパワーオン・リセットでは、このピンは入力に設定されます。このピンは内部に弱いプルアップ抵抗を持っています。使わないときは解放のままにしておくことができます。この共用ピンは、次の 3 つの状態のいずれかに設定することができます。 汎用デジタル I/O 5。 外付け割り込み要求 1、アクティブ・ハイ。 UART シリアル・ポートの受信データ。 このピンはタイマー 1 のクロック入力として使うこともできます。
3	GPIO_6/TxD	I/O	汎用デジタル I/O 6、送信データ。デフォルトおよびパワーオン・リセットでは、このピンは入力に設定されます。このピンは内部に弱いプルアップ抵抗を持っています。使わないときは解放のままにしておくことができます。この共用ピンは、次の 2 つの状態のいずれかに設定することができます。 汎用デジタル I/O 6。 UART シリアル・ポートの送信データ。
4	GPIO_7/IRQ4	I/O	汎用デジタル I/O 7、または外部割り込み要求 4。デフォルトおよびパワーオン・リセットでは、このピンは入力に設定されます。このピンは内部に弱いプルアップ抵抗を持っています。使わないときは解放のままにしておくことができます。この共用ピンは、次の 2 つの状態のいずれかに設定することができます。 汎用デジタル I/O 7。 外付け割り込み要求 4、アクティブ・ハイ。
5	GPIO_8/IRQ5	I/O	汎用デジタル I/O 8、または外部割り込み要求 5。デフォルトおよびパワーオン・リセットでは、このピンは入力に設定されます。このピンは内部に弱いプルアップ抵抗を持っています。使わないときは解放のままにしておくことができます。この共用ピンは、次の 2 つの状態のいずれかに設定することができます。 汎用デジタル I/O 8。 外付け割り込み要求 5、アクティブ・ハイ。 このピンはタイマー 1 のクロック入力として使うこともできます。

ピン番号	記号	タイプ ¹	説明
6	TCK	I	JTAG テスト・クロック。このクロック入力ピンは、デバイス上にある標準の 5 ピン JTAG デバッグ・ポートの内の 1 本です。 このピンは入力専用ピンで、内部に弱いプルアップ抵抗を持っています。使用しないときは、このピンを解放のままにしてください。
7	TDI	I	JTAG テスト・データ入力。このデータ入力ピンは、デバイス上にある標準の 5 ピン JTAG デバッグ・ポートの内の 1 本です。このピンは入力専用ピンで、内部に弱いプルアップ抵抗を持っています。使用しないときは、このピンを解放のままにしてください。
8、34、35	DGND	S	内蔵デジタル回路のグラウンド基準。
9、16、17、23、25、26、32、38、39、40、43、45	NC		未接続。このピンは内部で接続されていませんが、将来用途に予約されています。このピンには外部で何も接続しないでください。このピンは必要に応じてグラウンドに接続することができます。
10	TDO	O	JTAG テスト・データ出力。このデータ出力ピンは、デバイス上にある標準の 5 ピン JTAG デバッグ・ポートの内の 1 本です。このピンは出力専用ピンです。パワーオン時、この出力はディスエーブルされ、内部で弱いプルアップ抵抗によりハイ・レベルプルアップされています。使用しないときは、このピンを解放のままにしてください。
11	NTRST	I	JTAG テスト・リセット。このリセット入力ピンは、デバイス上にある標準の 5 ピン JTAG デバッグ・ポートの内の 1 本です。 このピンは入力専用ピンで、内部に弱いプルダウン抵抗を持っています。使用しないときは、このピンを解放のままにしてください。このピンは LIN ブート・ロード・モードをイネーブするため、内蔵カーネルもモニターしています。
12	TMS	I	JTAG テスト・モード・セレクト。このモード・セレクト入力ピンは、デバイス上にある標準の 5 ピン JTAG デバッグ・ポートの内の 1 本です。このピンは入力専用ピンで、内部に弱いプルアップ抵抗を持っています。使用しないときは、このピンを解放のままにしてください。
13	VBAT	I	抵抗分圧器へのバッテリー電圧入力。
14	VREF	I	外付けリファレンス電圧入力ピン。この入力を使わないときは、AGND システム・グラウンドへ直接接続してください。
15	GND_SW	S	内部アナログ・グラウンド基準へのスイッチ。for 外部温度チャンネルの負入力および外付けリファレンス。この入力を使わないときは、AGND システム・グラウンドへ直接接続してください。
18	VTEMP	I	NTC/PTC 温度測定の外部ピン。
19	IIN+	I	電流チャンネルの正側差動入力。
20	IIN-	I	電流チャンネルの負側差動入力。
21、22	AGND	S	内蔵高精度アナログ回路のグラウンド基準。
24	REG_AVDD	S	内蔵レギュレータからの公称 2.6 V 出力。
27	GPIO_0/IRQ0/SS	I/O	汎用デジタル I/O 0、外部割り込み要求 0、または SPI インターフェース。デフォルトおよびパワーオン・リセットでは、このピンは入力に設定されます。このピンは内部に弱いプルアップ抵抗を持っています。使わないときは解放のままにしておくことができます。この共用ピンは、次の 3 つの状態のいずれかに設定することができます。 汎用デジタル I/O 0。 外付け割り込み要求 0、アクティブ・ハイ。 SPI インターフェース、スレーブ・セレクト入力。
28	GPIO_1/SCLK	I/O	汎用デジタル I/O 1、SPI インターフェース。デフォルトおよびパワーオン・リセットでは、このピンは入力に設定されます。このピンは内部に弱いプルアップ抵抗を持っています。使わないときは解放のままにしておくことができます。この共用ピンは、次の 2 つの状態のいずれかに設定することができます。 汎用デジタル I/O 1。 SPI インターフェース、シリアル・クロック入力。
29	GPIO_2/MISO	I/O	汎用デジタル I/O 2、SPI インターフェース。デフォルトおよびパワーオン・リセットでは、このピンは入力に設定されます。このピンは内部に弱いプルアップ抵抗を持っています。使わないときは解放のままにしておくことができます。この共用ピンは、次の 2 つの状態のいずれかに設定することができます。 汎用デジタル I/O 2。 SPI インターフェース、マスター入力/スレーブ出力ピン。
30	GPIO_3/MOSI	I/O	汎用デジタル I/O 3、または SPI インターフェース。デフォルトおよびパワーオン・リセットでは、このピンは入力に設定されます。このピンは内部に弱いプルアップ抵抗を持っています。使わないときは解放のままにしておくことができます。この共用ピンは、次の 2 つの状態のいずれかに設定することができます。 汎用デジタル I/O 3。

ピン番号	記号	タイプ ¹	説明
31	GPIO_4/ECLK	I/O	SPI インターフェース、マスター入力/スレーブ出力ピン。 汎用デジタル I/O 4、またはクロック出力。デフォルトおよびパワーオン・リセットでは、このピンは入力に設定されます。このピンは内部に弱いプルアップ抵抗を持っています。使わないときは解放のままにしておくことができます。このプログラマブルなデジタル I/O ピンは、2.56 MHz クロックの出力として設定することもできます。
33	REG_DVDD	S	内蔵レギュレータからの公称 2.6 V 出力。
36	XTAL1	O	水晶発振器出力。外付け水晶を使わない場合は、このピンは解放のままにしてください。
37	XTAL2	I	水晶発振器入力。外付け水晶を使わない場合は、このピンを DGND システム・グラウンドへ接続してください。
41	WU	O	高電圧ウェイクアップ・ピン。使用しないときは、このピンを解放のままにしてください。
42	VDD	S	内蔵レギュレータへのバッテリー電源。
44	VSS	S	内蔵リファレンスに対するグラウンド基準。
46	予約済み		高電圧専用出力機能用に予約済み。このピンは外部で IO_VSS グラウンド基準に接続する必要があります。
47	IO_VSS	S	高電圧入力/出力ピンのグラウンド基準。
48	LIN	I/O	LIN シリアル・インターフェース入力/出力ピン。

¹ I = 入力、O = 出力、S = 電源。

用語

変換レート

変換レートは、ADC が安定した後に、ADC から出力結果が得られるレートを規定します。

このデバイスで使用している Σ - Δ 変換技術は、ADC フロントエンド信号が比較的高いサンプル・レートでオーバーサンブルされますが、後続のデジタル・フィルタを使って出力をデシメートして、1 Hz~8 kHz の出力レートで有効な 16 ビット・データ変換結果を与えることを意味します。

ソフトウェアが 1 つの入力から別の入力(同じ ADC)へ切り替えるとき、デジタル・フィルタを先にクリアして、その後新しい結果を平均できるようにする必要があります。ADC の構成とフィルタのタイプに応じて、このために複数の変換サイクルが必要になることがあります。

積分非直線性(INL)

伝達関数の両端を結ぶ直線からのコードの最大偏差をいいます。伝達関数の両端とは、ゼロ・スケール(最初のコード遷移より 0.5 LSB 下のポイント)とフル・スケール(最後のコード遷移より 0.5 LSB 上のポイント)をいいます。誤差は、フル・スケールのパーセント値で表示します。

ノーマス・コード

ノーマス・コードは、ADC の微分非直線性を表します。この誤差は、ビット数で表され、コード数(ADC 変換結果数)を 2^N ビットとして規定します。ここで、N=ノーマissing・コードであり、ADC フル入力範囲で発生することが保証されます。

オフセット誤差

オフセット誤差は、最初のコード変化の ADC 入力電圧と理論的な最初のコード変化の差を意味します。

オフセット誤差ドリフト

オフセット誤差ドリフトは、温度に対する絶対オフセット誤差の変動を意味します。この誤差は°C当たりの LSB 数で表されます。

ゲイン誤差

ゲイン誤差はADCのスパン誤差を表します。伝達関数上の任意の2点間の測定スパンと理論スパンとの差を表します。

出力ノイズ

出力ノイズは、ADC 入力電圧が DC 電圧のときに取得した ADC 出力コード分布の標準偏差(すなわち $1 \times \Sigma$)として規定されます。 μ rms で表されます。

出力すなわち rms ノイズは、次式で定義される ADC の実効分解能を計算するときに使うことができます。

$$\text{実効分解能} = \log_2(\text{フル・スケール・レンジ} / \text{rms ノイズ}) \text{ビット}$$

ピーク to ピーク・ノイズは、ADC 入力電圧が DC のときに取得した ADC 出力コード分布の $6.6 \times \Sigma$ 以内に入るコード間の偏差として定義されます。したがって、ピーク to ピーク・ノイズは、 $6.6 \times \text{rms ノイズ}$ として計算されます。

ピーク to ピーク・ノイズは、次式で定義される 6.6Σ 限界内でコード・フリッカがない ADC (ノイズ・フリー、コード)分解能を計算するときに使うことができます。

$$\text{ノイズフリー・コード分解能} = \log_2(\text{フル・スケール・レンジ} / \text{ピーク to ピーク・ノイズ}) \text{ビット}$$

表 8. データシートでの省略語

省略語	定義
ADC	A/D コンバータ
ARM	アトバンスト RISC マシン
ECU	エレクトロニクス・コントロール・ユニット
JTAG	Joint Test Action Group
LDO	ロー・ドロップアウト
LIN	ローカル・インターコネクト・ネットワーク
LSB	最下位バイト/ビット
LVF	低電圧フラグ
MAC	乗算アキュムレート
MCU	マイクロコントローラ
MMR	メモリ・マップド・レジスタ
MSB	最上位バイト/ビット
PID	保護識別子
PLL	位相ロック・ループ
POR	パワーオン・リセット
PSM	電源モニター
rms	2 乗平均

動作原理

ADuC7032-8Lは、12 V車載アプリケーション向けのバッテリー・モニターの完結的なシステム・ソリューションです。このデバイスは、広範囲な動作条件でのバッテリー電流、電圧、温度特性などの12 Vバッテリー・パラメータを精確かつインテリジェントにモニター、処理、診断するために必要なすべての機能を内蔵しています。

このデバイスは、外付けシステム部品数を最小化するため、12 Vバッテリーから直接電源を得ます。内蔵のロー・ドロップアウト・レギュレータ(LDO)は、2個の16ビット $\Sigma\Delta$ ADCに対する電源電圧を発生します。ADCは精確にバッテリーの電流、電圧、温度特性を測定して正常状態と自動車バッテリー充電をキャラクタライズします。

フラッシュ/EEメモリを採用したARM7TMマイクロコントローラも内蔵されており、取得したバッテリー変数の前処理と、内蔵ローカル・インターコネクト・ネットワーク(LIN)インターフェースを介したADuC7032-8Lとメイン・エレクトロニクス・コントローラ・ユニット(ECU)との間の通信の管理に使用されます。

MCUとADCサブシステムは、通常動作モードまたは柔軟な省電力動作モードで動作するように個別に設定することができます。

通常動作モードでは、MCUのクロックは内蔵発振器からフェーズ・ロック・ループ(PLL)を介して20.48 MHzの最大クロック・レートで間接に駆動されます。省電力動作モードでは、MCUは全面的にパワーダウンし、ADC変換完了、デジタル・コンパレータ、ウェイクアップ・タイマー、POR、外部シリアル通信イベントに応答したときのみウェイクアップします。

ADCは通常動作モード(フル・パワー)で動作するように設定することができ、種々のサンプル変換イベント後にMCUに割り込みを発生することができます。電流チャンネルは、2つの低消費電力モード(低消費電力と低消費電力プラス)を持ち、低い性能仕様に従って変換結果を発生します。

内蔵のファクトリ・ファームウェアは、LINまたはJTAGシリアル・インターフェース・ポートを経由したイン・サーキット・フラッシュ/EEメモリの再書き込みをサポートします。また、JTAGインターフェースを介して非侵害型エミュレーションもサポートします。これらの機能は、ADuC7032-8Lをサポートしている低価格のQuickStartTM Plus開発システムに組み込まれています。

ADuC7032-8Lは12 Vバッテリー電源から直接動作し、-40°C~+105°Cの温度範囲で仕様が規定されています。ADuC7032-8Lは105°C~125°Cの温度で動作しますが、性能は低下します。

ARM7TDMI[®]コアの概要

ARM7 コアは、32 ビットの縮小命令セット・コンピュータ(RISC)であり、ARM 社が開発しました。ARM7TDMI[®]はフォン・ノイマン型アーキテクチャで、1つの32ビット・バスを命令とデータに使用します。データ長は、8、16、または32ビットが可能で、命令ワード長はコアの動作モードに応じて、16ビットまたは32ビットです。

ARM7TDMIは、表9に示す4つの機能が追加されたARM7 コアです。

表 9.ARM7TDMI の機能

Feature	Description
T	Support for the Thumb [®] (16-bit) instruction set
D	Support for debug
M	Enhanced multiplier
I	Includes the EmbeddedICE TM module to support embedded system debugging

Thumb モード(T)

ARM[®]命令は32ビット長です。ARM7TDMIプロセッサは、16ビットに縮小されたThumb命令セットをサポートしています。16ビット・メモリによるコード実行の高速化とコードの高密度化はThumb命令セットの使用により実現可能になり、ARM7TDMI コアは組み込みアプリケーションに最適になっています。

ただし、Thumbモードには次の3つの制約があります。

- ARMに比べて、Thumbコードでは同じタスクの実効に必要な命令数が多くなります。このため、ARMコードは多くのアプリケーションで時間的にクリティカルなコードの性能を最大化することに適しています。
- Thumb命令セットには、例外処理に必要な幾つかの命令が含まれていないため、例外処理にはARMコードが必要となることがあります。
- 割り込みが発生すると、コアはメモリ内の割り込みロケーションに分岐して、そのアドレスにあるコードを実行します。先頭コマンドは、ARMコードである必要があります。

乗算器(M)

ARM7TDMI命令セットには、32ビット×32ビットの乗算で64ビットの演算結果と32ビット×32ビットの乗算アキュムレータ(MAC)で64ビットの演算結果を得る命令が4個追加されている強化型乗算器が含まれています。

EmbeddedICE (I)

EmbeddedICE モジュールは、ARM7TDMI に対するデバッグ・サポート機能を内蔵しています。EmbeddedICE モジュールには、ユーザー・コードの非侵害型デバッグを可能にするブレイク・ポイントと監視ポイント・レジスタが含まれています。これらのレジスタは、JTAG テスト・ポートを経由して制御されます。

プロセッサはブレイク・ポイントまたは監視ポイントに遭遇すると、停止してデバッグ状態になります。デバッグ状態になると、プロセッサ・レジスタは、フラッシュ/EE メモリ、SRAM、メモリ・マップド・レジスタと同様にアクセスできるようになります。

ARM7 の例外

ARM7 は 5 タイプの例外をサポートし、各タイプに対応して特権処理モードを持っています。この 5 タイプの例外を次に示します。

- 通常割り込みすなわち IRQ。内部イベントと外部イベントの汎用割り込み処理のサービスに使用されます。
- 高速割り込みすなわち FIQ。この割り込みは、データ転送または通信チャンネルを小さいレイテンシでサービスします。FIQ は IRQ より高い優先順位を持ちます。
- メモリ・アボート(プリフェッチとデータ)。
- 未定義命令の実行
- ソフトウェア割り込み(SWI)命令。オペレーティング・システムを呼び出すときに使うことができます。

一般に、プログラムは割り込みを IRQ として定義しますが、高い優先順位の割り込みに対して、割り込みを FIQ タイプとして定義することができます。

これらの例外の優先順位とベクタ・アドレスを表 10 に示します。

表 10. 割り込み優先順位

Priority	Exception	Vector Address
1	Hardware reset	0x00
2	Memory abort (data)	0x10
3	FIQ	0x1C
4	IRQ	0x18
5	Memory abort (prefetch)	0x0C
6	Software interrupt ¹	0x04
6	Undefined instruction ¹	0x04

¹ソフトウェア割り込みと未定義命令例外は、同じ優先順位持ち、互いに排他的です。

表 10 に示す例外のリストは、アドレス 0x00~0x1C に配置されており、ロケーション 0x14 は予約済みです。ロケーション 0x14 以外のこのロケーションに対しては、0x27011970 またはページ 0 のチェックサムで書き込む必要があります。これを行わないと、ユーザー・コードが実行されないため、LIN ダウンロード・モードになります。

ARM レジスタ

ARM7TDMI には 16 個の標準レジスタがあります。R0~R12 はデータ操作、R13 はスタック・ポインタ、R14 はリンク・レジスタ、R15 は実行中の命令を指すプログラム・カウンタです。リンク・レジスタには、ユーザーが分岐したときのアドレス(ブランチおよびリンク・コマンドを使った場合)または例外が発生したときのコマンドが格納されます。

スタック・ポインタ(R13)には、スタックの現在のロケーションが格納されます。一般に、ARM7TDMI では、スタックは使用可能な RAM 領域の最上部から開始され、必要に応じて下に向かって領域を使っていきます。

別のスタックが各例外に対して定義されます。各スタックのサイズは、ユーザー設定可能で、ターゲット・アプリケーションに依存します。ADuC7032-8L では、スタックは 0x000417FC から開始され、下に向かいます。

C のような高級言語を使ってプログラミングするときは、スタックがオーバーフローしないように注意する必要があります。これは、使用するコンパイラの性能に依存します。

例外が発生すると、幾つかの標準レジスタは、例外モードに特有なレジスタで置き換えられます。すべての例外モードには、スタック・ポインタ(R13)とリンク・レジスタ(R14)に対する置き換えバンク・レジスタがあります(図 9)。FIQ モードでは、高速な割り込み処理をサポートするレジスタ(R8~R12)が追加されています。非クリティカルなレジスタ数が増えると、これらのレジスタを待避または復元することなく割り込みを処理できるため、割り込み処理プロセスに対する応答時間を小さくすることができます。

プログラマ・モデルと ARM7TDMI コア・アーキテクチャの詳細については、ARM 社から直接提供している ARM7TDMI テクニカル・マニュアルと ARM アーキテクチャ・マニュアルを参照してください。

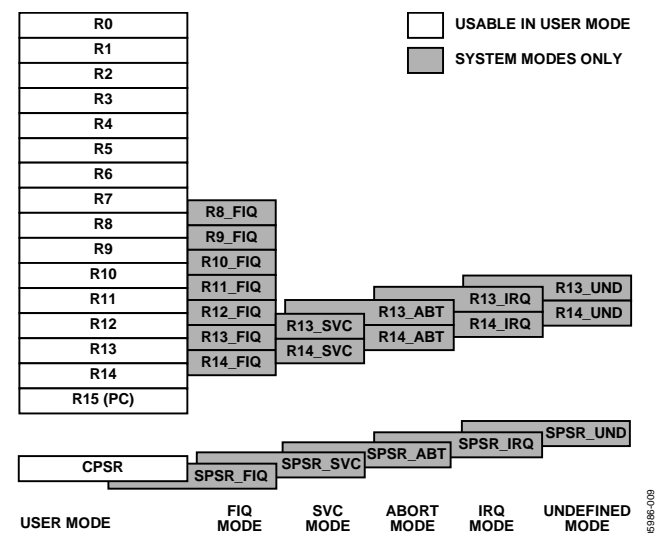


図 9. レジスタ構成

割り込みレイテンシ

FIQ のワーストケース・レイテンシは次の和になります。

- 要求がシンクロナイザの通過に要する最長時間
- 最長命令の実行に要する時間
(最長命令は、PC を含む全レジスタのロードを行う LDM)
- データ・アポート開始に要する時間
- FIQ 開始に要する時間

この時間の終わりに、ARM7TDMI は 0x1C (FIQ 割り込みベクタ・アドレス) にある命令を実行します。最大合計時間はプロセッサ・サイクルで 50 サイクル、すなわち連続した 20.48 MHz のプロセッサ・クロックを使うシステムでは 2.44 μ s 以上になります。最大 IRQ レイテンシの計算も同じですが、FIQ は高い優先順位を持つため、IRQ 処理ルーチンの開始を任意の時間長だけ遅延させることがあるということを考慮する必要があります。この時間は、LDM コマンドを使わない場合には 42 サイクルに減らすことができます。コンパイラによっては、このコマンドを使わないでコンパイルするオプションを持っているものもあります。別のオプションは、デバイスを Thumb モードで動作させることです。このモードでは 22 サイクルに減少します。

FIQ 割り込みまたは IRQ 割り込みの最小レイテンシは 5 サイクルです。

これは、要求がシンクロナイザを通過する最短時間と例外モードを開始する時間の和で構成されます。

例外が発生すると、ARM7TDMI は最初(先頭命令)ARM (32 ビット)モードで動作することに注意してください。ユーザーは直ちに、たとえば割り込みサービス・ルーチンの実行などで必要に応じて、ARM モードが Thumb モードへ切り替えることができます。

メモリ構成

フォン・ノイマン・アーキテクチャの ARM7 MCU コアから見ると、メモリは 2³²個のバイト・ロケーションを持つリア・アレイとして見えます。図 10 に示すように、ADuC7032-8L ではこのメモリを次の 4 つのユーザー領域へ割り当てています。

- 再割り当て可能なメモリ領域
- SRAM 領域
- フラッシュ/EE 領域
- メモリ・マップド・レジスタ(MMR)領域

このメモリ・スペースの先頭の 96 kB は、内蔵フラッシュ/EE または SRAM を配置することができる領域として使われます。メモリ・マップの上部にメモリ・マップド・レジスタ(MMR)のロケーション指定に使われる 2 番目の 4kB 領域を持っており、これを經由して、すべての内蔵ペリフェラルの設定とモニターを行います。残りの 2 つのメモリ領域は、6 kB の SRAM と 96 kB の内蔵フラッシュ/EE メモリです。ユーザーが使用可能な 94 kB の内蔵フラッシュ/EE メモリがあり、残りの 2 kB は内蔵カーネル用に予約されています。これらの領域について、次のセクションで詳しく説明します。

メモリ・マップで定義されていない領域に対するすべてのアクセス(読み出しまたは書き込み)は、データ・アポート例外を発生させます。

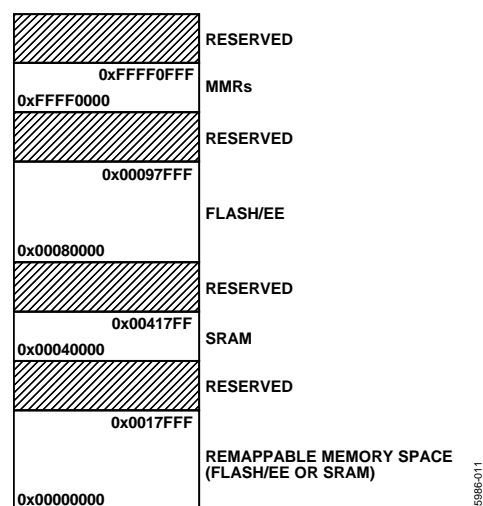


図 10. ADuC7032-8L のメモリ・マップ

メモリ・フォーマット

ADuC7032-8L のメモリ構成はリトル・エンディアン・フォーマットを採用しています。すなわち、最下位バイトは最小バイト・アドレスに、最上位バイトは最大バイト・アドレスに、それぞれ配置されています。

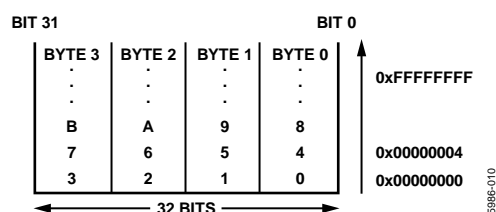


図 11. リトル・エンディアン・フォーマット

SRAM

ADuC7032-8L は、1536 ロケーション× 32 ビット = 1536 ワードで構成された 6 kB の SRAM を内蔵しており、ロケーション 0x00040000 に配置されています。RAM スペースは、データ・メモリと揮発性プログラム・スペースとして使用することができます。

SRAM が 32 ビット幅のメモリ・アレイとして構成されている場合には、ARM コードは SRAM から直接最大クロック速度で実行することができます。

SRAM は、読み書き可能な 8、16、32 ビットのセグメントです。

再配置

ARM 例外ベクタは、メモリ・アレイの底部アドレス 0x00000000 ~アドレス 0x00000020 に配置されています。

デフォルトとして、リセット時に、フラッシュ/EE メモリは論理的にアドレス 0x00000000 に配置されます。

アドレス 0xFFFFF0220 にある SYMAP0 MMR のビット 0 をセットして、SRAM をアドレス 0x00000000 に論理的に再配置することができます。フラッシュ/EE をアドレス 0x00000000 へ戻すときは、SYMAP0 のビット 0 をクリアします。

RAM をアドレス 0x00000000 へ再配置して ADuC7032-8L の割り込みレイテンシを最適化することが望ましい場合があります。これは、コードをフル 32 ビット ARM モードで実行すると、最大コア速度が可能のためです。例外が発生すると、コアはデフォルトで ARM モードになることに、注意してください。

Remap Operation

ADuC7032-8L でリセットが発生すると、出荷時書き込み済みの内部設定コードの実行を自動的に開始します。これは所謂カーネルが隠されていることに該当し、ユーザー・コードからアクセスすることはできません。

ADuC7032-8L がノーマル・モードの場合、カーネルのパワーオン設定ルーチンを実行した後、アドレス 0x00000000 のリセッ

ト・ベクタへジャンプして、ユーザーのリセット例外ルーチンを実行します。

リセット時に、フラッシュ/EE メモリがメモリ・アレイの底部にミラーされるため、リセット・ルーチンは常にフラッシュ/EE メモリ内に書き込む必要があります。

再配置コマンドは、ミラーされた、再配置されたメモリ・セグメントからではなく、フラッシュ/EE メモリの絶対アドレスから実行するように注意する必要があります。これは SRAM により置き換えられてしまうためです。ミラーされたロケーションからのコードを実行中に再配置動作が実行されると、プリフェッチ/データ・アポートが発生するか、または異常なプログラム動作が発生します。

この動作は不可逆です。SYMAP0 MMR のビット 0 をクリアすると、フラッシュ/EE をアドレス 0x00000000 へ再配置することができます。この場合も、ミラーされた領域の外部から再配置機能を実行するように注意する必要があります。

すべての種類のリセットで、論理的にフラッシュ/EE メモリがメモリ・アレイの底部に再配置されます。

SYMAP0 レジスタ

名前: SYMAP0

アドレス: 0xFFFFF0220

デフォルト値: カーネルから更新

アクセス: 読み書き可能

機能: この 8 ビット・レジスタを使うと、ユーザー・コードから、RAM またはフラッシュ/EE メモリ・スペースをアドレス 0x00000000 から開始される ARM メモリ・スペースの底部へ再配置することができます。

表 11. SYMAP0 MMR のビット説明

Bit	Description
7 to 1	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
0	Remap Bit. Set by the user to remap the SRAM to 0x00000000. Cleared automatically after reset to remap the Flash/EE memory to 0x00000000.

リセット

外部リセット、パワーオン・リセット、ウォッチドッグ・リセット、ソフトウェア・リセットの 4 種類のリセットがあります。RSTSTA レジスタは、直前のリセット原因を表示し、ユーザー・コードから書き込んで、ソフトウェア・リセット・イベントを開始させることもできます。0xFFFF0234 の RSTCLR MMR

に 0 を書き込むと、このレジスタのビットをクリアすることができます。

RSTCLR のビット表示は、RSTSTA のビット表示に反映されません。これらのレジスタをリセット例外サービス・ルーチン内で使用して、リセット原因を特定することができます。4 種類すべてのリセット・イベントの意味を表 12 に示します。

表 12. デバイス・リセットの意味

Impact/Reset	Reset External Pins to Default State	Kernel Executed	Reset All External MMRs (Excluding RSTSTA)	Reset All High Voltage Indirect Registers	Peripherals Reset	RAM Valid ¹	RSTSTA (Status After Reset Event)
POR ¹	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes/No ²	RSTSTA[0] = 1
Watchdog Reset	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	RSTSTA[1] = 1
Software Reset	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	RSTSTA[2] = 1
External Reset Pin	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	RSTSTA[3] = 1

¹ LIN ダウンロードに続くリセットの場合を除き、RAM が有効。

RAM への影響は、LVF がイネーブルされている場合、HVSTA[6] の値に依存。HVCFG0[2] を使って LVF をイネーブルすると、LVF ステータス・ビット HVSTA[6] が 1 の場合、POR リセット・メカニズムにより RAM が壊されてしまうことはありません。詳細については、低電圧フラグ(LVF)のセクション参照。

RSTCLR レジスタ

名前: RSTCLR

アドレス: 0xFFFF0234

デフォルト値: 0x00

アクセス: 書き込み専用

機能: この 8 ビット書き込み専用レジスタは、RSTSTA 内の対応するビットをクリアします。

RSTSTA レジスタ

名前: RSTSTA

アドレス: 0xFFFF0230

デフォルト値: 0x01

アクセス: 読み書き可能

機能: この 8 ビット RSTSTA レジスタは、直前のリセット・イベントの原因を表示し、ユーザー・コードから書き込んで、ソフトウェア・リセットを開始させることもできます。

表 13. RSTCLR/RSTSTA MMR のビット説明

Bit	Description
7 to 4	Not Used. These bits are not used and always read as 0.
3	External Reset. Set to 1 automatically when an external reset occurs. Cleared by setting the corresponding bit in RSTCLR.
2	Software Reset. ¹ Set to 1 by user code to generate a software reset. Cleared by setting the corresponding bit in RSTCLR.
1	Watchdog Timeout. Set to 1 automatically when a watchdog timeout occurs. Cleared by setting the corresponding bit in RSTCLR.
0	Power-On Reset. Set automatically when a power-on reset occurs. Cleared by setting the corresponding bit in RSTCLR.

¹ RSTSTA 内のソフトウェア・リセット・ビットがセットされている場合、このビットをクリアしない RSTCLR に書き込みを行うと、ソフトウェア・リセットが発生します。

フラッシュ/EE メモリと ADuC7032-8L

ADuC7032-8L はフラッシュ/EE メモリ技術を採用しており、不揮発性のインサーキット書き込み可能なメモリ空間を提供しています。

EEPROM と同様にフラッシュ・メモリは、バイト・レベルでインシステム書き込みが可能です。ただし、書き込む前に消去が必要で、この消去はページ・ブロック単位で実行されます。このために、フラッシュ・メモリはフラッシュ/EE メモリとも呼ばれています。

全体として、フラッシュ/EE メモリは、不揮発性、インサーキット書き込み機能、高集積度、低価格である理想的なメモリ・デバイスに近いものです。ADuC7032-8L にフラッシュ/EE メモリ技術を内蔵することにより、リモート動作ノードでワンタイム・プログラマブル(OTP)デバイスを交換することなく、インサーキットでプログラム・コード空間を更新することができるようになりました。

フラッシュ/EE メモリ

合計 96 kB のフラッシュ/EE メモリが、48 kB × 16 ビットとして構成されています。96 kB の内 94 kB がユーザー・スペースで、2 kB がブートローダー/カーネル・スペース用に予約されています。このフラッシュ/EE メモリのページ・サイズは 512 バイトです。一般に、フラッシュ/EE コントローラが 1 ページの消去に 20 ms を要し、16 ビット・ワードの書き込みに 50 μs を要します。これらのフラッシュ/EE タイミングは、MCU コア・クロックとは独立しています。

ユーザーは、94 kB のフラッシュ/EE メモリをコードおよび不揮発性データのメモリとして使うことができます。ARM コードは同じスペースを共用するため、データとプログラムの間に違いはありません。フラッシュ/EE メモリの実際の幅は 16 ビットです。これは、ARM モード(32 ビット命令)では、各命令フェッチでフラッシュ/EE メモリを 2 回アクセスすることが必要であることを意味します。20.48 MHz 以下の速度で動作するときは、フラッシュ/EE メモリ・コントローラは、コア・クロックの 1 周期内で 2 つ目の 16 ビット・ハーフワード(32 ビット ARM 命令コードの一部)をトランスペアレントにフェッチできます。したがって、20.48 MHz 以下の速度、すなわち $CD > 0$ では、ARM モードを使用することが推奨されます。20.48 MHz 動作の場合、すなわち $CD = 0$ の場合には、Thumb モードで動作させることが推奨されます。

フラッシュ/EE メモリは物理的にアドレス 0x80000 に配置されています。ハード・リセットで、論理的に 0x00000000 に配置されます。すべてのフラッシュ/EE メモリ・ロケーションの出荷時のデフォルト値は 0xFF です。フラッシュ/EE メモリは、8/16/32 ビットのセグメントで読み込み可能で、16 ビット・セグメントで書き込み可能です。フラッシュ/EE メモリは、書き換え回数 10,000 サイクルの定格です。この定格は、各半ワード(16 ビット・ロケーション)に消去と書き込みが繰り返される回数に基づいています。ソフトウェアで冗長性方式を採用すると、10,000 サイクル以上の書き換え回数を保証できます。

ランタイム・コード実行時にフラッシュ/EE メモリにデータ変数を書き込むこともできます。たとえば、診断バッテリー・パラメータ・データを保存することができます。

1 つの 16 ビット・ロケーションに対して消去と消去の間に 2 回だけ書き込むことが可能です。すなわち、ビット単位ではなくバイト単位で実行することが可能です。1 つのロケーションに対して 2 回以上書き込む場合には、フラッシュ/EE メモリ・ページの内容を破壊することがあります。

LIN インターフェースまたは内蔵 JTAG ポートを経由してシリアル・ダウンロード・モードを使うと、94 kB のフラッシュ/EE メモリに対してイン・サーキットで書き込みを行うことができます。

シリアル・ダウンロード(インサーキット・プログラミング)

ADuC7032-8L では、LIN ピンを使ってコードをダウンロードすることができます。

JTAG アクセス

ADuC7032-8L は、コードのダウンロードとデバッグを可能にする JTAG デバッグ・ポートを内蔵しています。

フラッシュ/EE メモリ・コントロール・インターフェース

ADuC7032-8L 上のフラッシュ/EE メモリに対するアクセスと制御は、内蔵のメモリ・コントローラにより管理されます。コントローラは、2 つの個別のブロック(ブロック 0 と 1)としてフラッシュ/EE メモリを管理します。

ブロック 0 は 32 kB のフラッシュ/EE メモリで構成され、0x00090000~0x00097FFF に配置されています(このブロックの最上部に予約されている 2 kB のカーネル・スペースを含みます)。

ブロック 1 は 6 kB のフラッシュ/EE メモリで構成され、0x00080000~0x0008FFFF に配置されています。

MCU コアが 1 つのメモリ・ブロックからコードを実行している間に、消去または書き込みサイクルが他のブロックで実行されることに注意してください。現在実行中のコードと同じブロックでコマンドが動作する場合は、コアはコマンドが完了するまで停止します。これはコードの実行にも適用されます。

ユーザー・コード、LIN、JTAG プログラミングは、次の MMR から構成されるフラッシュ/EE コントロール・インターフェースを使用します。

- FEExSTA (x = 0 または 1): 読み出し専用レジスタ、フラッシュ/EE メモリコントロール・インターフェースのステータスを表示します。
- FEExMOD (x = 0 または 1): フラッシュ/EE メモリコントロール・インターフェースの動作モードを設定します。
- FEExCON (x = 0 or 1): 8 ビット・コマンド・レジスタ; コマンドは表 14 のように解釈されます。
- FEExDAT (x = 0 または 1): 16 ビット・データ・レジスタ。
- FEExADR (x = 0 または 1): 16 ビット・アドレス・レジスタ。
- FEExSIG (x = 0 または 1): シグネチャ・コマンドが起動されたときの 24 ビット・コード・シグネチャを格納します。

- FEE_xHID (x = 0 または 1)は、フラッシュ/EE メモリ・コード・スペースの読み出し/書き込み保護を制御する保護 MMR です。FEE_xPRO レジスタを使って既に設定されている場合には、アクセスをイネーブルするときに FEE_xHID はソフトウェア・キーを必要とします。
- FEE_xPRO (x = 0 または 1): FEE_xHID レジスタのバッファ。FEE_xHID 値の格納に使用されるため、後続のリセットとパワーオン時に FEE_xHID レジスタへ自動的にダウンロードされます。

ユーザー・ソフトウェアは、フラッシュ/EE メモリ・コントローラがすべての消去または書き込みサイクルを完了したことを確認した後に、PLL をパワーダウンさせる必要があります。消去または書き込みサイクルが完了する前に PLL をパワーダウンさせると、フラッシュ/EE のページまたはバイトが破壊されることがあります。

次のセクションでは、各フラッシュ/EE コントロール MMR のビット配置について詳しく説明します。

FEE0CON and FEE1CON レジスタ s

名前: FEE0CON と FEE1CON

アドレス: 0xFFFFF0E08 と 0xFFFFF0E88

デフォルト値(両レジスタ): 0x07

アクセス: 読み書き可能

機能: これらの 8 ビット・レジスタはユーザー・コードから書き込まれ、ブロック 0 (32 kB)とブロック 1 (64 kB)のフラッシュ/EE メモリ・コントローラの動作モードを制御します。

表 14.FEE0CON と FEE1CON に書き込まれるコマンド・コード

Code	Command	Description ¹
0x00 ²	Reserved	Reserved. This command should not be written by user code.
0x01	Single read	Load FEE _x DAT with the 16-bit data indexed by FEE _x ADR.
0x02	Single write	Write FEE _x DAT at the address pointed by FEE _x ADR. This operation takes 50 μs.
0x03	Erase-write	Erase the page indexed by FEE _x ADR and write FEE _x DAT at the location pointed by FEE _x ADR. This operation takes 20 ms.
0x04	Single verify	Compare the contents of the location pointed by FEE _x ADR to the data in FEE _x DAT. The result of the comparison is returned in FEE _x STA Bit 1.
0x05	Single erase	Erase the page indexed by FEE _x ADR.
0x06	Mass erase	Erase Block 0 (30 kB) or Block 1 (64 kB) of user space. The 2 kB kernel is protected. This operation takes 1.2 sec. To prevent accidental execution, a command sequence is required to execute this instruction. This sequence is described in the Command Sequence for Executing a Mass Erase section.
0x07		Default command.
0x08	Reserved	Reserved. This command should not be written by user code.
0x09	Reserved	Reserved. This command should not be written by user code.
0x0A	Reserved	Reserved. This command should not be written by user code.
0x0B	Signature	FEE0CON. This command results in a 24-bit LFSR-based signature being generated and loaded into FEE0SIG. If FEE0ADR is less than 0x97800, this command results in a 24-bit LFSR-based signature of the user code space from the page specified in FEE0ADR upwards, including the kernel, security bits, and Flash/EE key. If FEE0ADR is greater than 0x97800, the kernel and manufacturing data are signed. FEE1CON. This command results in a 24-bit LFSR-based signature being generated, beginning at FEE1ADR and ending at the end of the 64 kB block, and loaded into FEE1SIG. The last page of this block is not included in the sign generation.
0x0C	Protect	This command can be run only once. The value of FEE _x PRO is saved and can be removed only with a mass erase (0x06) or with the software protection key.
0x0D	Reserved	Reserved. This command should not be written by user code.
0x0E	Reserved	Reserved. This command should not be written by user code.
0x0F	Ping	No operation, interrupt generated.

¹ x は、フラッシュ/EE ブロック 0 またはフラッシュ/EE ブロック 1 のレジスタ名の 0 または 1 を表します。

² これらのコマンド実行直後に、FEE_xCON を読み出すと常に 0x07 が返されます。

マス消去実行のコマンド・シーケンス

マス消去コマンドを有効にするためには、次の特別なコード・シーケンスを実行してこの動作を起動する必要があります。

1. FEExMOD のビット 3 をセットします。
2. 0xFFC3 を FEExADR へ書き込みます。
3. 0x3CFF を FEExDAT へ書き込みます。
4. FEExCON に 0x06 を書き込んでマス消去コマンドを実行します。

FEE0CON を使ってマス消去コマンドを実行するときは、下位 64 kB の書き込み禁止をディスエーブルする必要があります。すなわち、FEE1HID/FEE1PRO に 0xFFFFFFFF を設定します。これを実行するためには、先に保護を解除するか、または先に下位 64 kB を消去します。

コマンド・シーケンス例

次の例にマス消去実行のコマンド・シーケンスを示します。

```
Int a = FEExSTA;           // Ensure FEExSTA is cleared
FEExMOD = 0x08;
FEExADR = 0xFFC3;
FEExDAT = 0x3CFF;
FEExCON = 0x06;           // Mass-Erase command
while (FEExSTA & 0x04){} // Wait for command to finish
```

FEE0STA レジスタと FEE1STA レジスタ

名前: FEE0STA と FEE1STA

アドレス: 0xFFFF0E00 と 0xFFFF0E80

デフォルト値(両レジスタ): 0x20

アクセス: 読み出し専用

機能: これらの 8 ビット読み出し専用レジスタはユーザー・コードから読み出され、フラッシュ/EE メモリ・コントローラの現在のステータスを表示します。

表 15.FEE0STA と FEE1STA の各 MMR のビット説明

Bit	Description ¹
15 to 4	Not Used. These bits are not used and are always read as 0.
3	Flash Interrupt Status Bit. Set automatically when an interrupt occurs, that is, when a command is complete and the Flash/EE interrupt enable bit in the FEExMOD register is set. Cleared automatically when the FEExSTA register is read by user code.
2	Flash/EE Controller Busy. Set automatically when the Flash/EE controller is busy. Cleared automatically when the controller is not busy.
1	Command Fail. Set automatically when a command written to FEExCON completes unsuccessfully. Cleared automatically when the FEExSTA register is read by user code.
0	Command Successful. Set automatically by MCU when a command is completed successfully. Cleared automatically when the FEExSTA register is read by user code.

¹x は 0 または 1 で、フラッシュ/EE メモリブロック 0 またはブロック 1 を表します。

FEE0ADR レジスタと FEE1ADR レジスタ

名前: FEE0ADR と FEE1ADR

アドレス: 0xFFFF0E10 と 0xFFFF0E90

デフォルト値: 非ゼロ(FEE0ADR)、0x0000 (FEE1ADR)

アクセス: 読み書き可能

機能: この 16 ビット・レジスタは、FEExCON を使って実行されたすべてのフラッシュ/EE コマンドが処理対象とするアドレスを制御します。

FEE0DAT レジスタと FEE1DAT レジスタ

名前: FEE0DAT and FEE1DAT

アドレス: 0xFFFF0E0C and 0xFFFF0E8C

デフォルト値(両レジスタ): 0x0000

アクセス: 読み書き可能

機能: この 16 ビット・レジスタは、フラッシュ/EE メモリ・コントローラを対象とする読み出し/書き込みデータを格納します。

FEE0MOD レジスタと FEE1MOD レジスタ

名前: FEE0MOD と FEE1MOD

アドレス: 0xFFFF0E04 と 0xFFFF0E84

デフォルト値(両レジスタ): 0x00

アクセス: 読み書き可能

機能: これらのレジスタはユーザー・コードから書き込まれ、フラッシュ/EE メモリ・コントローラの動作モードを設定します。

表 16.FEE0MOD と FEE1MOD の各 MMR のビット説明

Bit	Description ¹
15 to 7	Not Used. These bits are reserved for future functionality and should be written as 0 by user code.
6 to 5	Flash/EE Security Lock Bits. These bits must be written as [6: 5] = 10 to complete the Flash security protect sequence.
4	Flash/EE Controller Command Complete Interrupt Enable. Set to 1 by user code to enable the Flash/EE controller to generate an interrupt upon completion of a Flash/EE command. Cleared to disable the generation of a Flash/EE interrupt upon completion of a Flash/EE command.
3	Flash/EE Erase/Write Enable. Set by user code to enable the Flash/EE erase and write access via FEEExCON. Cleared by user code to disable the Flash/EE erase and write access via FEEExCON.
2	Reserved. Should be written as 0.
1	Flash/EE Controller Abort Enable. Set to 1 by user code to enable the Flash/EE controller abort functionality.
0	Reserved. Should be written as 0.

¹x は 0 または 1 で、フラッシュ/EE メモリブロック 0 またはブロック 1 を表します。

フラッシュ/EE メモリのセキュリティ

ユーザーから使用可能な 94 kB のフラッシュ/EE メモリは、FEE0HID レジスタと FEE1HID レジスタを使って読み出し禁止と書き込み禁止を行うことができます。

ブロック 0 では、FEE0HID MMR が 30 kB のフラッシュ/EE メモリを保護します。このレジスタのビット 0 ~ ビット 28 が、ページ 0 ~ ページ 57 の書き込み保護を行います。各ビットが 2 ページ(1 kB)を保護します。ビット 29 ~ ビット 30 が、それぞれページ 58 とページ 59 を保護します。すなわち、各ビットが 1 ページ分の 512 バイトの書き込みを禁止します。このレジスタ(ビット 31)の MSB は、JTAG 経由でブロック 0 が読み出されるのを禁止します。

FEE0PRO レジスタは、FEE0HID MMR のビット定義をミラーします。FEE0PRO MMR を使うと、後続のパワーオンまたはリセット時に保護機能の設定が自動的にロードできるように、ユーザー・コードからフラッシュ/EE メモリの保護またはセキュリティの設定をロックすることができます。

この柔軟性により、ユーザーは FEE0HID MMR を使って一時的に保護機能の設定とテストを行うことができるため、後で保護システムを現場へ出荷するときに必要な保護設定をロック (FEE0PRO を使用)することができます。

ブロック 1 (64 kB)では、FEE1HID MMR が 64 kB のフラッシュ/EE メモリを保護します。このレジスタのビット 0 ~ ビット 29 が、ページ 0 ~ ページ 119 の書き込み保護を行います。各ビットが 4 ページ(2 kB)を保護します。ビット 30 がページ 120 ~ ページ 127 を保護します。すなわち、ビット 30 が 8 ページ分の 512 バイトの書き込みを禁止します。このレジスタ(ビット 31)の MSB は、JTAG 経由でフラッシュ/EE ブロック 1 が読み出されるのを禁止します。

ブロック 0 と同様に、FEE1PRO レジスタが FEE1HID MMR のビット定義をミラーします。FEE1PRO MMR を使うと、後続のパワーオンまたはリセット時に保護機能の設定が自動的にロードできるように、ユーザー・コードからフラッシュ/EE メモリの保護またはセキュリティの設定をロックすることができます。

ブロック 0 のフラッシュ/EE メモリ保護レジスタ

名前: FEE0HID と FEE0PRO

アドレス: 0xFFFFF0E20 (FEE0HID の場合)と 0xFFFFF0E1C (FEE0PRO の場合)

デフォルト値(両レジスタ): 0xFFFFFFFF (FEE0HID の場合)と 0x00000000 (FEE0PRO の場合)

アクセス: 読み書き可能

機能: フラッシュ/EE メモリの保護を設定するときに、ユーザー・コードからこれらのレジスタに書き込みを行います。

表 17.FEE0HID と FEE0PRO の各 MMR のビット説明

Bit	Description
31	Read Protection Bit. Cleared by the user to protect the 32 kB Flash/EE block code via JTAG read access. Set by the user to allow reading of the 32 kB Flash/EE block code via JTAG read access.
30	Write-Protection Bit. Set by user code to unprotect Page 59. Cleared by user code to write-protect Page 59.
29	Write-Protection Bit. Set by user code to unprotect Page 58. Cleared by user code to write-protect Page 58.
28 to 0	Write-Protection Bits. When set by user code, these bits unprotect Page 0 to Page 57 of the 30 kB Flash/EE code memory. Each bit write-protects two pages, and each page consists of 512 bytes. When cleared by user code, these bits write-protect Page 0 to Page 57 of the 30 kB Flash/EE code memory. Each bit write-protects two pages, and each page consists of 512 bytes.

ブロック 1 のフラッシュ/EE メモリ保護レジスタ

名前: FEE1HID と FEE1PRO

アドレス: 0xFFFFF0EA0 (FEE1HID の場合)と 0xFFFFF0E9C (FEE1PRO の場合)

デフォルト値(両レジスタ): 0xFFFFFFFF (FEE1HID の場合)と 0x00000000 (FEE1PRO の場合)

アクセス: 読み書き可能

機能: フラッシュ/EE メモリの保護を設定するときに、ユーザー・コードからこれらのレジスタに書き込みを行います。

表 18.FEE1HID と FEE1PRO の各 MMR のビット説明

Bit	Description
31	Read-Protection Bit. Cleared by the user to protect the 64 kB Flash/EE block code via JTAG read access. Set by the user to allow reading of the 64 kB Flash/EE block code via JTAG read access.
30	Write-Protection Bit. When set by user code, this bit protects Page 120 to Page 127 of the 64 kB Flash/EE code memory. This bit write-protects eight pages, and each page consists of 512 bytes. When cleared by user code, this bit write-protects Page 120 to Page 127 of the 64 kB Flash/EE code memory. This bit write-protects eight pages, and each page consists of 512 bytes.
29 to 0	Write-Protection Bits. When set by user code, these bits unprotect Page 0 to Page 119 of the 64 kB Flash/EE code memory. Each bit write-protects four pages, and each page consists of 512 bytes. When cleared by user code, these bits write-protect Page 0 to Page 119 of the 64 kB Flash/EE code memory. Each bit write-protects two pages, and each page consists of 512 bytes.

要約すれば、3レベルのメモリ保護機能があります。

- FEExHID MMR へ直接書き込むことにより、一時保護を設定または解除することができます。このレジスタは揮発性であるため、保護はデバイスがパワーオンしているときだけ有効です。この保護は、電源のオン/オフ時に再ロードされません。
- FEExPRO を使ってキーによる永久保護を設定して、保護機能の設定をロックします。FEExPRO への必要な書き込みシーケンスの開始時に使われたソフトウェア・キーが一度だけ保存され、それ以後の FEExHID MMR または FEExPRO MMR へのアクセスで使われます。マス消去により、キーが 0xFFFF に戻されますが、ユーザー・コード・スペース全体が消去されてしまいます。
- キーによる永久保護と同様に、FEExPRO を使って永久保護を設定することができます。使用されるソフトウェア・キーが 0xDEADDEAD であることが唯一の違いです。FEExPRO 書き込みシーケンスが保存された後は、マス消去でのみキーを 0xFFFFFFFF に戻すことができます。マス消去により、ユーザー・コード・スペース全体も消去されます。

シーケンス例

キーを書き込み、永久保護機能を設定するシーケンスを次の例に示します。この保護機能では、フラッシュ/EEメモリのページ4とページ5を書き込み禁止にします。

```
FEExPRO = 0xFFFFFFFF; // Protect Page 4 and Page 5
FEExADR = 0x66BB; // 32-bit key value Bits[31: 16]
FEExDAT = 0xAA55; // 32-bit key value Bits[15: 0]
FEExMOD = 0x0048; // Lock security sequence
FEExCON = 0x0C; // Write key command
while (FEExSTA & 0x04){} // Wait for command to finish
```

キー書き込みシーケンスと永久保護機能の設定

1. 保護対象のページに対応する FEExPRO に書き込みを行います。
2. 新しい(ユーザー定義) 32ビット・キーを FEExADR (ビット[31: 16])と FEExDAT (ビット[15: 0])に書き込みます。
3. 1,0を FEExMOD ビット[6: 5]に書き込み、FEExMOD ビット3をセットします。
4. 0x0Cを FEExCON に書き込んで、ライト・キー・コマンドを実行します。

フラッシュ/EE メモリの信頼性

デバイス上のフラッシュ/EE プログラム・メモリ・アレイは、フラッシュ/EE メモリの書き換え回数とデータ保持時間の 2 つの重要なフラッシュ/EE メモリ特性について、フル認定されています。

書き換え回数は、フラッシュ/EE メモリが多くの書き込み、読み出し、消去のサイクル数に耐える能力です。1 回の書き換えサイクルは、次の 4 つのシーケンシャルなイベントから構成されます。

1. 初期ページ消去シーケンス
2. 読み出し/検証シーケンス
3. バイト書き込みシーケンス
4. 2 回目の読み出し/検証シーケンス

信頼性の認定では、フラッシュ/EE メモリ内の 3 ページ(上部、中間、底部)の各ハーフワード(16 ビット幅)ロケーションで、0x0000 から 0xFFFF へ 10,000 回繰り返されます。表 1 に示すように、デバイスのフラッシュ/EE メモリの書き換え回数認定は、JEDEC データ保持時間仕様 A117 に準拠して行われます。その結果は、電源範囲と温度範囲に対して最小書き換え回数 10,000 回の仕様が可能であることを示しています。

データ保持時間は、フラッシュ/EE メモリが書き込まれたデータを保持する能力です。この場合も、デバイスは規定のジャンクション温度($T_J = 55^\circ\text{C}$)における正式な JEDEC データ保持時間仕様(A117)に準拠して評価されています。この認定手順の一部として、フラッシュ/EE メモリを前述の規定書き換え回数までサイクル・テストした後に、データ保持時間をキャラクタライゼーションしています。これは、フラッシュ/EE メモリでは、書き変えるごとに規定のデータ保持時間データを保持することが保証されていることを意味します。0.6 eV の活性化エネルギーに基づくデータ保持時間は、 T_J の上昇とともに短くなることに注意してください(図 12 参照)。

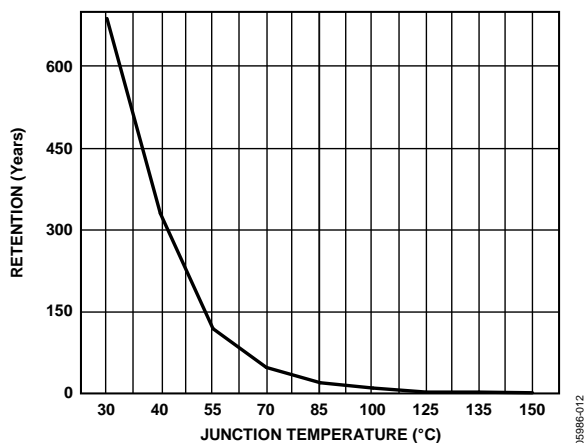


図 12. フラッシュ/EE メモリのデータ保持時間

SRAM とフラッシュ/EE からのコード実行時間

このセクションでは、実行時間がクリティカルな場合について、アプリケーション実行時の SRAM とフラッシュ/EE のアクセス・タイムについて説明します。

SRAM からの実行

SRAM からの命令フェッチには 1 クロック・サイクルを要します。ただし、命令がメモリ・データの読み出しまたは書き込みを含む場合、さらに 1 または 2 サイクル追加されます。データが SRAM 内にある場合は、さらに 1 サイクル必要です。データがフラッシュ/EE メモリ内にある場合は、フラッシュ/EE から 32 ビット・データを取り出すために、さらに 2 サイクル追加されます。

コントロール・フロー命令(たとえばブランチ命令)では、フェッチのために 1 サイクルと新しい命令をパイプラインへ書き込むために 2 サイクルを要します。

フラッシュ/EE からの実行

命令が 16 ビットである Thumb モードでは、命令をフェッチするために 1 サイクルが必要です。

CD = 0 の ARM モードでは、32 ビット命令をフェッチするために 2 サイクルが必要です。CD > 0 では、フラッシュ/EE メモリのクロック駆動がフル速度で続くため、フェッチのためにサイクルが追加される必要はありません。さらに、任意の CD ビット値に対して、データをアクセスする前にデッド・タイムが必要です。

データ・メモリとしてフラッシュ/EE を含む命令を実行するときは、タイミングは両モードとも同じです。実行する命令がコントロール・フロー命令である場合は、プログラム・カウンタの新しいアドレスをデコードするためにさらに 1 サイクルと、その後、CD = 0 のとき、パイプラインを埋めるために 4 サイクルが必要です。

コア・レジスタのみが関係するデータ処理命令では、クロック・サイクルの追加はありません。データ転送命令はさらに複雑であるため、表 19 にまとめます。

表 19. ARM/Thumb モードでの代表的な実行サイクル数

Instruction	Fetch Cycle	Dead Time	Data Access
LD	2/1	1	2
LDH	2/1	1	1
LDM/POP	2/1	N	2 × N
STR	2/1	1	2 × 50 μs
STRH	2/1	1	50 μs
STM/PUSH	2/1	N	2 × N × 50 μs

1 < N ≤ 16 のとき、N = マルチプル・ロード/ストア命令でロードまたはストアされるレジスタ数。

デフォルトでは、フラッシュ/EE の消去または書き込みサイクル中、フラッシュ/EE コードの実行が一時停止されます。ページ(512 バイト)消去サイクルには 20 ms を、ワード(16 ビット)書き込みコマンドには 50 μs を、それぞれ要します。ただし、フラッシュ/EE の消去/書き込みサイクル実行中に、イネーブルされた割り込みを ARM コアが受けると、フラッシュ/EE コントローラは消去/書き込みサイクルをアボートさせます。したがって、ARM7 は直ちに割り込みサービスを行うことができ、その後フラッシュ/EE コマンドの繰り返し実行に戻ることができます。アボート動作には 10 クロック・サイクルを要します。アボート動作が不可能な場合、フラッシュ/EE 書き込みコードと SRAM からの該当割り込みルーチンを実行することが可能であるため、コアは直ちに割り込みをサービスすることができます。

ADuC7032-8L カーネル

ADuC7032-8L は、フラッシュ/EE コード・スペースの上部 2 kB にカーネルを配置しています。リセット後、このカーネルは出荷時にキャリブレーションされたデータをメーカー・データ・スペースから種々の内蔵ペリフェラルへコピーします。カーネルによりキャリブレーションされるペリフェラルを次に示します。

- PSM (電源モニター)
- 高精度発振器
- 低消費電力発振器
- REG_AVDD/REG_DVDD
- 低消費電力リファレンス電圧
- ノーマル・モード・リファレンス電圧
- 電流 ADC (オフセットとゲイン)
- 電圧 ADC (オフセットとゲイン)
- 温度 ADC (オフセットとゲイン)

カーネルから変更可能で、POR デフォルト値とは異なるユーザーMMR を次に示します。

- R0~R15
- GP0CON/GP2CON
- SYSCHK
- ADCMDE/ADC0CON
- FEE0ADR/FEE0CON/FEE0SIG
- HVDAT/HVCON
- HVCFG0/HVCFG1
- T3LD

ADuC7032-8L は、LIN ダウンローダも内蔵しています。

図 13 に、カーネル実行のフロー・チャートを示します。カーネルの現在のレビジョンは、表 96 に示すように、SYSSER1 から導出することができます。

カーネル実行中、ウォッチドッグ・タイマーはアクティブでタイムアウト周期が 30 ms に設定されています。これにより、カーネル内でエラーが発生したとき、ADuC7032-8L が自動的に確実にリセットされます。ウォッチドッグ・タイマーはカーネル・コードが終了したとき、ディスエーブルされます。

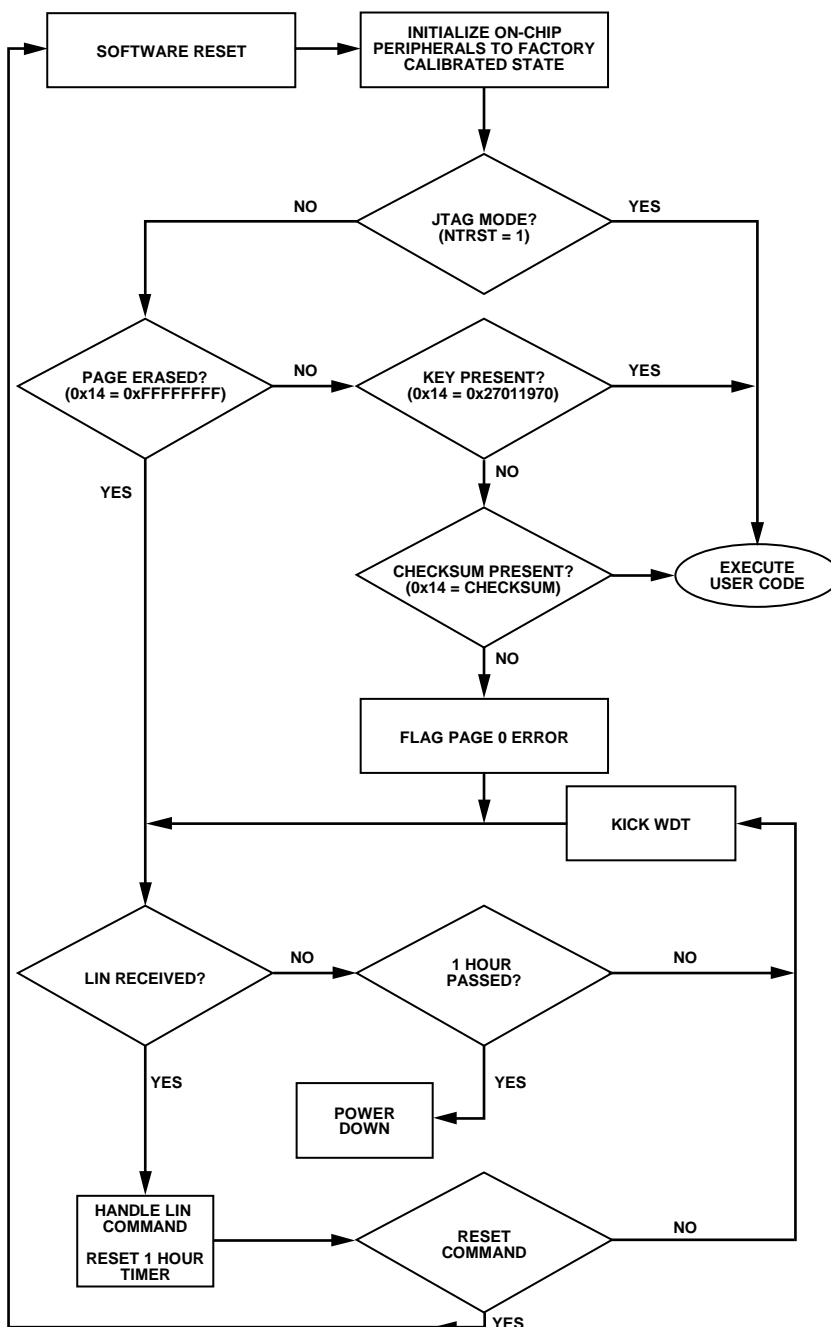
LIN ダウンロードを除く通常のカーネル実行時間は約 5 ms です。リセットを経由しなければ、LIN ダウンロード・モードを開始または終了することはできません。

通常のカーネル実行時に SRAM は変更されません。LIN によりダウンロードされたカーネルの実行時に SRAM が変更されます。

NTRST = 0 のときでも、アドレス 0x14 に 0x27011970 か、またはアドレス 0x14 を除くページ 0 のチェックサム値のいずれかが格納されていない限り、ユーザー・コードは実行されません。アドレス 0x14 にこの情報が格納されていない場合、ユーザー・コードは実行されず、LIN ダウンロード・モードが開始されません。

NTRST = 1 のときは、ユーザー・コードが常に実行されます。

カーネル実行時、JTAG のアクセスはディスエーブルされます。



05896-013

図 13.ADuC7032-8L カーネルのフロー・チャート

メモリ・マップド・レジスタ

メモリ・マップド・レジスタ(MMR)スペースは、MCU メモリ・スペースの上部 4 kB に配置されているため、ARM7 バンク・レジスタを経由する間接アドレッシングのロード・コマンドとストア・コマンドによりアクセスされます。ADuC7032-8L のメモリ・マップド・レジスタ・バンクの概要を図 14 に示します。

MMR スペースは、CPU とすべての内蔵ペリフェラルとの間のインターフェースを提供します。ARM7 コア・レジスタ(ARM レジスタのセクションで説明)を除くすべてのレジスタは MMR 領域に配置されています。

全 MMR のリストのセクションに示すように(表 20~表 30)、MMR のデータ幅は 1 バイト(8 ビット) ~4 バイト(32 ビット)で変わります。ARM7 コアは、32 ビットの読み出しまたは書き込みアクセスで任意の MMR (1 バイトまたは複数バイト幅のレジスタ)をアクセスすることができます。

たとえば、メモリ・フォーマットのセクションに示すように、読み出し結果は、リトル・エンディアン・フォーマットに整理されます。ただし、ARM7 コアが 16 ビット・アクセスを使って 4 バイト(32 ビット)MMR をアクセスしようとする、エラーが発生します。32 ビット MMR に対する(16 ビット)書き込みアクセスの場合、上位 16 ビットに 0 が書き込まれます。32 ビット MMR に対する 16 ビット読み出しアクセスの場合には、MMR の 16 ビットだけが読み出されます。

0xFFFFFFFF	
0xFFFF1000	FLASH CONTROL INTERFACE
0xFFFF0E00	
0xFFFF0D50	
0xFFFF0D00	GPIO
0xFFFF0A14	
0xFFFF0A00	SPI
0xFFFF0810	
0xFFFF0800	HV INTERFACE
0xFFFF079C	
0xFFFF0780	LIN HARDWARE
0xFFFF0730	
0xFFFF0700	UART
0xFFFF0568	
0xFFFF0500	ADC
0xFFFF044C	
0xFFFF0400	PLL AND OSCILLATOR CONTROL
0xFFFF0370	
0xFFFF0360	WATCHDOG TIMER3
0xFFFF0350	
0xFFFF0340	WAKE-UP TIMER2
0xFFFF0334	
0xFFFF0320	GENERAL-PURPOSE TIMER1
0xFFFF0318	
0xFFFF0300	TIMER0
0xFFFF0244	
0xFFFF0220	REMAP AND SYSTEM CONTROL
0xFFFF0110	
0xFFFF0000	INTERRUPT CONTROLLER

05896-014

図 14.上部にある MMR の配置

全 MMR のリスト

表 20. IRQ アドレス・ベース= 0xFFFF0000

Address	Name	Byte	Access Type	Default Value	Description
0x0000	IRQSTA	4	R	0x00000000	Active IRQ Source.
0x0004	IRQSIG ¹	4	R		Current State of All IRQ Sources (Enabled and Disabled).
0x0008	IRQEN	4	RW	0x00000000	Enabled IRQ Sources.
0x000C	IRQCLR	4	W		MMR Used to Disable IRQ Sources.
0x0010	SWICFG	4	W		Software Interrupt Configuration MMR.
0x0100	FIQSTA	4	R	0x00000000	Active IRQ Source.
0x0104	FIQSIG	4	R		Current State of All IRQ Sources (Enabled and Disabled).
0x0108	FIQEN	4	RW	0x00000000	Enabled IRQ Sources.
0x010C	FIQCLR	4	W		MMR Used to Disable IRQ Sources.

¹ 外部ピン GP0、GP5、GP7、GP8 のレベルに依存。

表 21. システム・コントロール・アドレス・ベース= 0xFFFF0200

Address	Name	Byte	Access Type	Default Value	Description
0x0220	SYMAP0	1	RW		REMAP Control Register.
0x0230	RSTSTA	1	RW	0x01	Reset Status MMR.
0x0234	RSTCLR	1	W		RSTSTA Clear MMR.
0x0238	SYSSER0 ¹	4	RW		SYSTEM Serial Number 0.
0x023C	SYSSER1	4	RW		SYSTEM Serial Number 1.
0x0240	SYSCHK	4	RW		Kernel Checksum.

¹ カーネルにより更新

表 22. タイマー・アドレス・ベース= 0xFFFF0300

Address	Name	Byte	Access Type	Default Value	Description
0x0300	T0LD	2	RW	0x0000	Timer0 Load Register.
0x0304	T0VAL0	2	R	0x0000	Timer0 Value Register 0.
0x0308	T0VAL1	4	R	0x00000000	Timer0 Value Register 1.
0x030C	T0CON	4	RW	0x00000000	Timer0 Control MMR.
0x0310	T0CLRI	1	W		Timer0 Interrupt Clear Register.
0x0314	T0CAP	2	RW	0x0000	Timer0 Capture Register.
0x0320	T1LD	4	RW	0x00000000	Timer1 Load Register.
0x0324	T1VAL	4	R	0xFFFFFFFF	Timer1 Value Register.
0x0328	T1CON	4	RW	0x01000000	Timer1 Control MMR.
0x032C	T1CLRI	1	W	0xFF	Timer1 Interrupt Clear Register.
0x0330	T1CAP	4	RW	0x00000000	Timer1 Capture Register.
0x0340	T2LD	4	RW	0x00000000	Timer2 Load Register.
0x0344	T2VAL	4	R	0xFFFFFFFF	Timer2 Value Register.
0x0348	T2CON	2	RW	0x0000	Timer2 Control MMR.
0x034C	T2CLRI	1	W		Timer2 Interrupt Clear Register.
0x0360	T3LD ¹	2	RW		Timer3 Load Register.
0x0364	T3VAL	2	R		Timer3 Value Register.
0x0368	T3CON	2	RW		Timer3 Control MMR.
0x036C	T3CLRI	1	W		Timer3 Interrupt Clear Register.

¹ カーネルにより更新

表 23.PLL ベース・アドレス= 0xFFFF0400

Address	Name	Byte	Access Type	Default Value	Description
0x0400	PLLSTA	4	R		PLL Status MMR.
0x0404	POWKEY0	4	W		POWCON Prewrite Key.
0x0408	POWCON	1	RW	0x79	Power Control and Core Speed Control Register.
0x040C	POWKEY1	4	W		POWCON Postwrite Key.
0x0410	PLLKEY0	4	W		PLLCON Prewrite Key.
0x0414	PLLCON	1	RW	0x00	PLL Clock Source Selection MMR.
0x0418	PLLKEY1	4	W		PLLCON Postwrite Key.
0x042C	OSC0TRM	1	RW	0xX8	Low Power Oscillator Trim Bits MMR.
0x0440	OSC0CON	1	RW	0x00	Low Power Oscillator Calibration Control MMR.
0x0444	OSC0STA	1	R	0x00	Low Power Oscillator Calibration Status MMR.
0x0448	OSC0VAL0	2	R	0x0000	Low Power Oscillator Calibration Counter 0 MMR.
0x044C	OSC0VAL1	2	R	0x0000	Low Power Oscillator Calibration Counter 1 MMR.

表 24.ADC ベース・アドレス= 0xFFFF0500

Address	Name	Byte	Access Type	Default Value	Description
0x0500	ADCSTA	2	R	0x0000	ADC Status MMR.
0x0504	ADCMSKI	1	RW	0x00	ADC Interrupt Source Enable MMR.
0x0508	ADCMDE	1	RW	0x00	ADC Mode Register.
0x050C	ADC0CON	2	RW	0x0002	Current ADC Control MMR.
0x0510	ADC1CON	2	RW	0x0000	Voltage ADC Control MMR.
0x0514	ADC2CON	2	RW	0x0000	Temperature ADC Control MMR.
0x0518	ADCFLT	2	RW	0x0007	ADC Filter Control MMR.
0x051C	ADCCFG	1	RW	0x00	ADC Configuration MMR.
0x0520	ADC0DAT	2	R	0x0000	Current ADC Result MMR.
0x0524	ADC1DAT	2	R	0x0000	Voltage ADC Result MMR.
0x0528	ADC2DAT	2	R	0x0000	Temperature ADC Result MMR.
0x052C	ADCFIFO	4	R		Current/Voltage Result FIFO.
0x0530	ADC0OF ¹	2	RW		Current ADC Offset MMR.
0x0534	ADC1OF	2	RW		Voltage ADC Offset MMR.
0x0538	ADC2OF	2	RW		Temperature ADC Offset MMR.
0x053C	ADC0GN	2	RW		Current ADC Gain MMR.
0x0540	ADC1GN	2	RW		Voltage ADC Gain MMR.
0x0544	ADC2GN	2	RW		Temperature ADC Gain MMR.
0x0548	ADC0RCL	2	RW	0x0001	Current ADC Result Count Limit.
0x054C	ADC0RCV	2	R	0x0000	Current ADC Result Count Value.
0x0550	ADC0TH	2	RW	0x0000	Current ADC Result Threshold.
0x0554	ADC0TCL	1	RW	0x01	Current ADC Result Threshold Count Limit.
0x0558	ADC0THV	1	R	0x00	Current ADC Result Threshold Count Limit Value.
0x055C	ADC0ACC	4	R	0x00000000	Current ADC Result Accumulator.
0x0560	ADC0ATH	4	RW	0x00000000	Current ADC Result Accumulator Threshold.
0x057C	ADCREF	2	RW		Low Power Mode Voltage Reference Scaling Factor.

¹ カーネルにより更新

表 25.UART ベース・アドレス= 0xFFFF0700

Address	Name	Byte	Access Type	Default Value	Description
0x0700	COMTX	1	W	0x00	UART Transmit Register.
	COMRX	1	R		UART Receive Register.
	COMDIV0	1	RW		UART Standard Baud Rate Generator Divisor Value 0.
0x0704	COMIEN0	1	RW	0x00	UART Interrupt Enable MMR 0.
	COMDIV1	1	RW		UART Standard Baud Rate Generator Divisor Value 1.
0x0708	COMIID0	1	R	0x01	UART Interrupt Identification 0.
0x070C	COMCON0	1	RW	0x00	UART Control Register 0.
0x0710	COMCON1	1	RW	0x00	UART Control Register 1.
0x0714	COMSTA0	1	R	0x60	UART Status Register 0.
0x072C	COMDIV2	2	RW	0x0000	UART Fractional Divider MMR.

表 26.LIN ハードウェア同期ベース・アドレス= 0xFFFF0780

Address	Name	Byte	Access Type	Default Value	Description
0x0780	LHSSTA	1	R	0x00	LHS Status MMR.
0x0784	LHSCON0	2	RW	0x0000	LHS Control MMR 0.
0x0788	LHSVAL0	2	RW	0x0000	LHS Timer0 MMR.
0x078C	LHSCON1	1	RW	0x32	LHS Control MMR 1.
0x0790	LHSVAL1	1.5	RW	0x0000	LHS Timer1 MMR.

表 27.高電圧インターフェース・ベース・アドレス= 0xFFFF0800

Address	Name	Byte	Access Type	Default Value	Description
0x0804	HVCON ¹	1	RW		High Voltage Interface Control MMR.
0x080C	HVDAT	2	RW		High Voltage Interface Data MMR.

¹ カーネルにより更新

表 28.SPI ベース・アドレス= 0xFFFF0A00

Address	Name	Byte	Access Type	Default Value	Description
0x0A00	SPISTA	1	R	0x00	SPI Status MMR.
0x0A04	SPIRX	1	R	0x00	SPI Receive MMR.
0x0A08	SPITX	1	W	0x00	SPI Transmit MMR.
0x0A0C	SPIDIV	1	RW	0x1B	SPI Baud Rate Select MMR.
0x0A10	SPICON	2	RW	0x0000	SPI Control MMR.

表 29.GPIO ベース・アドレス= 0xFFFF0D00

Address	Name	Byte	Access Type	Default Value	Description
0x0D00	GP0CON	4	RW	0x11100000	GPIO Port 0 Control MMR.
0x0D04	GP1CON	4	RW	0x10000000	GPIO Port 1 Control MMR.
0x0D08	GP2CON	4	RW	0x01000000	GPIO Port 2 Control MMR.
0x0D20	GP0DAT ¹	4	RW	0x000000XX	GPIO Port 0 Data Control MMR.
0x0D24	GP0SET	4	W		GPIO Port 0 Data Set MMR.
0x0D28	GP0CLR	4	W		GPIO Port 0 Data Clear MMR.
0x0D30	GP1DAT	4	RW	0x000000XX	GPIO Port 1 Data Control MMR.
0x0D34	GP1SET	4	W		GPIO Port 1 Data Set MMR.
0x0D38	GP1CLR	4	W		GPIO Port 1 Data Clear MMR.
0x0D40	GP2DAT	4	RW	0x000000XX	GPIO Port 2 Data Control MMR.
0x0D44	GP2SET	4	W		GPIO Port 2 Data Set MMR.
0x0D48	GP2CLR	4	W		GPIO Port 2 Data Clear MMR.

¹ 外部 GPIO ピンのレベルに依存。

表 30.フラッシュ/EE ベース・アドレス= 0xFFFF0300

Address	Name	Byte	Access Type	Default Value	Description
0x0E00	FEE0STA	1	R	0x20	Flash/EE Status MMR.
0x0E04	FEE0MOD	2	RW	0x00	Flash/EE Control MMR.
0x0E08	FEE0CON	1	RW	0x07	Flash/EE Control MMR.

0x0E0C	FEE0DAT	2	RW	0x0000	Flash/EE Data MMR.
0x0E10	FEE0ADR	2	RW		Flash/EE Address MMR.
0x0E18	FEE0SIG	3	R	0xFFFFFFFF	Flash/EE LFSR MMR.
0x0E1C	FEE0PRO	4	RW	0x00000000	Flash/EE Protection MMR.
0x0E20	FEE0HID	4	RW	0xFFFFFFFF	Flash/EE Protection MMR.
0x0E80	FEE1STA	1	R	0x20	Flash/EE Status MMR.
0x0E84	FEE1MOD	2	RW	0x00	Flash/EE Control MMR.
0x0E88	FEE1CON	1	RW	0x07	Flash/EE Control MMR.
0x0E8C	FEE1DAT	2	RW	0x0000	Flash/EE Data MMR.
0x0E90	FEE1ADR	2	RW	0x0000	Flash/EE Address MMR.
0x0E98	FEE1SIG	3	R	0xFFFFFFFF	Flash/EE LFSR MMR.
0x0E9C	FEE1PRO	4	RW	0x00000000	Flash/EE Protection MMR.
0x0EA0	FEE1HID	4	RW	0xFFFFFFFF	Flash/EE Protection MMR.

16ビット・シグマ・デルタA/Dコンバータ

ADuC7032-8Lは、電流チャンネルADC (I-ADC)、電圧チャンネルADC (V-ADC)、温度チャンネルADC (T-ADC)からなる独立した3つのシグマ・デルタ(Σ - Δ)A/Dコンバータ(ADC)を内蔵しています。これらの高精度計測チャンネルは、12V車載バッテリー・システムでの電流、電圧、温度の変数を高精度計測するために、バッファ、プログラマブル・ゲイン・アンプ、16ビット Σ - Δ 変調器、デジタル・フィルタを内蔵しています。

電流チャンネルADC (I-ADC)

I-ADCは、外付け100 $\mu\Omega$ のシャント抵抗を使って検出したバッテリー電流を変換します。プログラマブルなゲインを内蔵しているため、 $\pm 1\text{ A} \sim \pm 1500\text{ A}$ のバッテリー電流レベルに対応できるようにI-ADCを設定することができます。

図15に示すように、I-ADCは Σ - Δ 変換技術を採用して、16ビットのノー・ミッシング・コード性能を実現しています。この変調器は、サンプルした入力信号をデジタル・パルス列に変換します。このパルス列のデューティ・サイクルにデジタル情報が含まれています。

プログラマブルな改良型 Sinc3 ローパス・フィルタを使って、変調器出力データ・ストリームをデシメーションして、プログラマブルな出力レートをノーマル・モードでは4 Hz ~ 8 kHzに、低消費電力モードでは1 Hz ~ 2 kHzにして、有効なデータ変換結果を発生するようにします。

また、I-ADCも、カウンタ、コンパレータ、アキュムレータ・ロジックを内蔵しています。これらの機能を使って、I-ADC変換結果により、所定の変換回数が終わった後、またはI-ADC変換結果がプログラマブルなスレッシュホールド値を超えたときに、割り込みを発生させることができます。高速なADCオーバーレンジ機能もサポートされています。32ビットのアキュムレータはイネーブルされると、自動的に16ビットI-ADC変換結果の和をとります。

電流チャンネルでの最初の有効(完全に整定)な変換結果を得るまでの時間は、チョップ・モードをターンオフした場合は3ADC変換サイクル、チョップ・モードをターンオン場合は2ADC変換サイクルです。

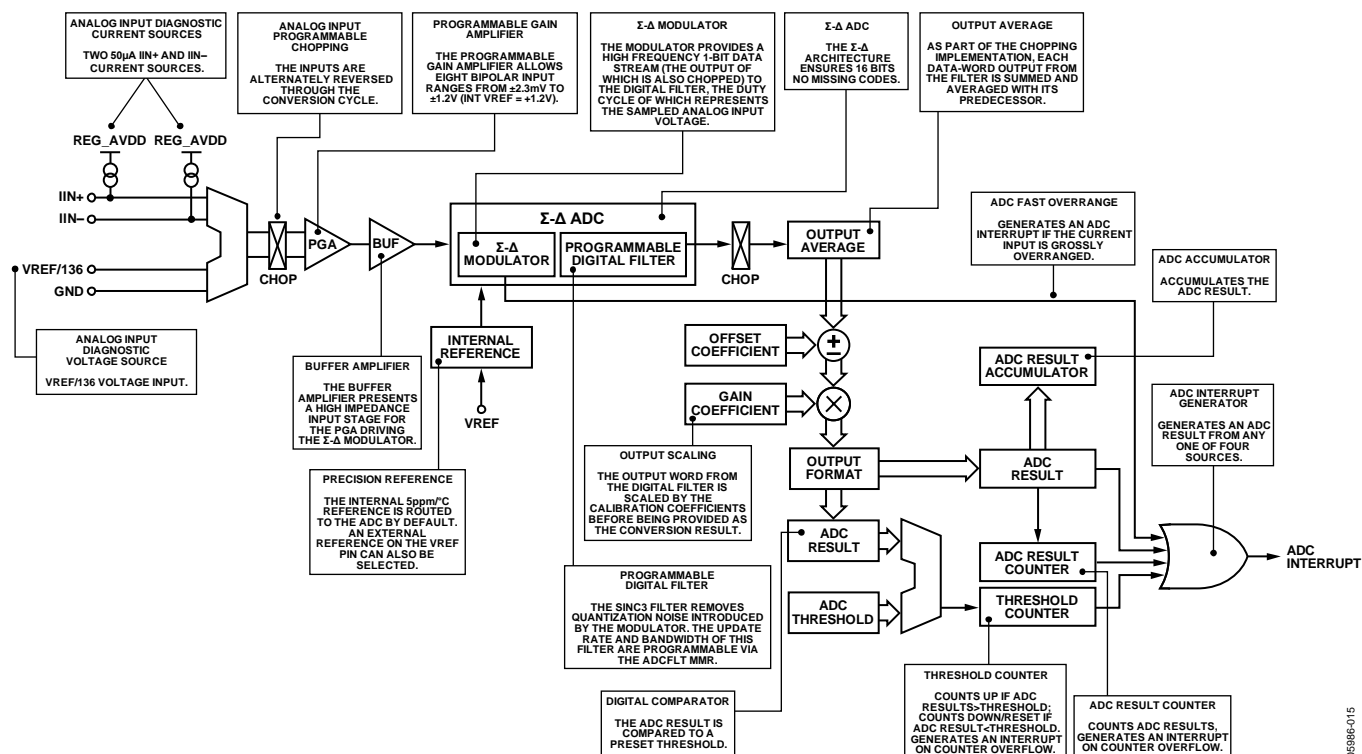


図 15. 電流 ADC の概要

電圧チャンネル ADC (V-ADC)

V-ADC はバッテリー電圧の変換に使用されます。電流チャンネル ADC (I-ADC)のセクションで説明した電流チャンネル ADC の場合と同様に、この ADC では改良型 Sinc3 ローパス・フィルタなどの同じ Σ - Δ 変換技術を採用して、プログラマブルな出力レート 4 Hz~8 kHz の有効な 16 ビット変換結果を出力します。RC フィルタ回路は電圧チャンネルに内蔵されているため、外部に接続する必要はありません。

外部バッテリー電圧(VBAT)は、内蔵の高電圧抵抗減衰器($\div 24$)を経由して ADC 入力に接続されます。この減衰器は、HVCFG1[7]を使ってイネーブル/ディスエーブルすることができます。

電圧チャンネルでの最初の有効(完全に整定)な変換結果を得るまでの時間は、チョップ・モードをターンオフした場合は 3ADC 変換サイクル、チョップ・モードをターンオン場合は 2ADC 変換サイクルです。

この ADC にもバッファが付いていますが、電流チャンネルとは異なり入力範囲は固定で、VBAT では 0 V~28.8 V になっています(内部リファレンス 1.2 V の場合)。この ADC シグナル・チェーンの概要を図 16 に示します。

温度チャンネル ADC (T-ADC)

T-ADC は、バッテリー温度を変換するようにデザインされています。バッテリー温度は、内蔵温度センサーまたは外付け温度センサー入力から取得します。

入力チャンネルが温度チャンネルに切り替わってから最初の有効(完全に整定)な変換結果を得るまでの時間は、チョップ・モードをターンオフした場合は 3ADC 変換サイクル、チョップ・モードをターンオン場合は 2ADC 変換サイクルです。

電流および電圧チャンネル ADC の場合と同様に、この ADC では改良型 Sinc3 ローパス・フィルタなどの同じ Σ - Δ 変換技術を採用して、プログラマブルな出力レート 4 Hz~8 kHz の有効な 16 ビット変換結果を出力します。

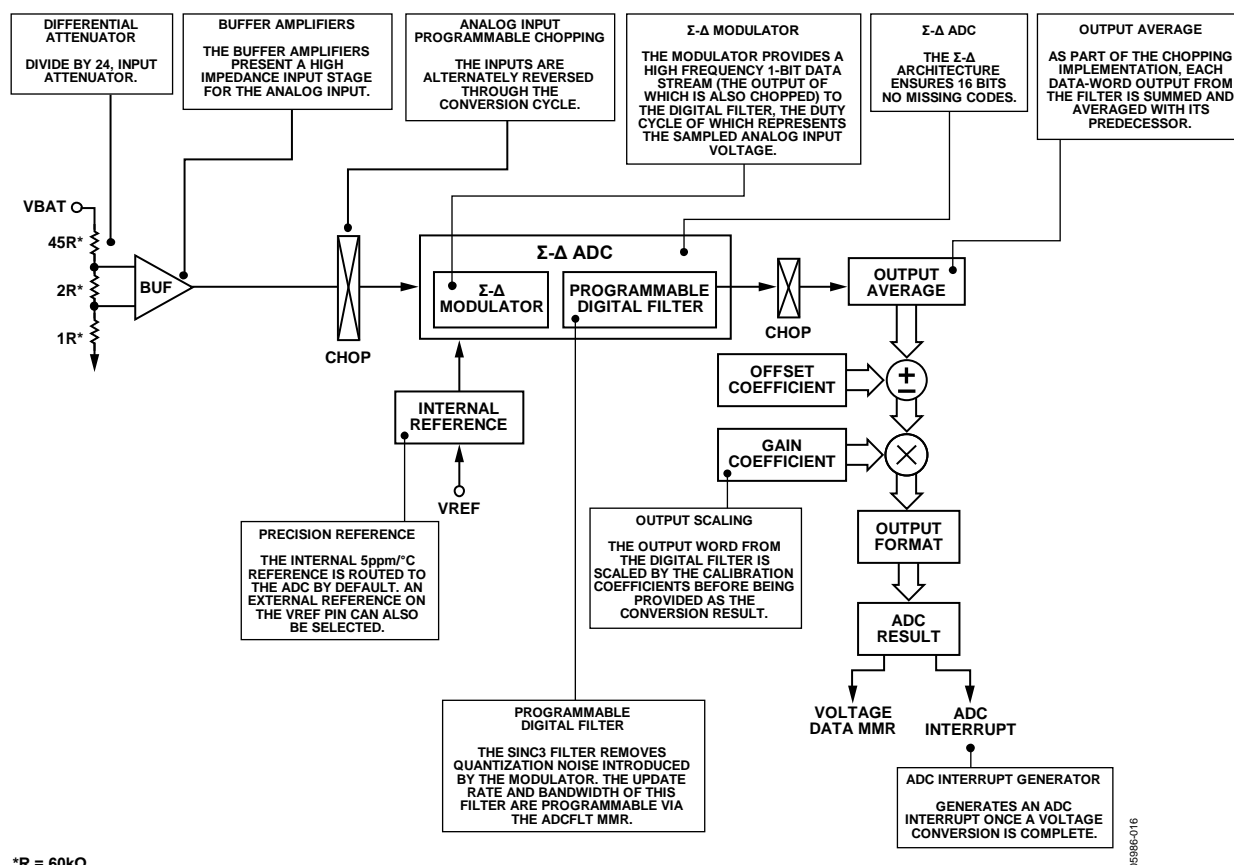


図 16. 電圧 ADC の概要

ADC グラウンド・スイッチ

ADuC7032-8L は、ピン 15 のグラウンド・スイッチ・ピン (GND_SW) を持っています。このスイッチを使うと、外付けデバイスからグラウンドを動的に切り離すことができます。グラウンドへの直接接続または 20 kΩ 抵抗を介したグラウンドへの接続が可能です。この追加抵抗は、NTC 回路に必要とされる外付け部品数を削減するときに使うことができます。

このグラウンド・スイッチ機能は、アプリケーション固有のボードで消費電力を削減するときに使うことができます。

アプリケーション例を図 17 に示します。この図には、in 2 つのモードで使用される外付け NTC が示してあります。1 つ目は 20 kΩ の内部抵抗を使い、2 つ目では GND_SW を介して直接グラウンドへ接続しています。ADCCFG[7] を使って、グラウンドに対するグラウンド・スイッチの接続を、ADCMDE[6] を使って GND_SW 抵抗を、それぞれ制御します。

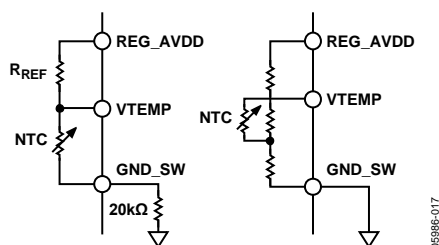


図 17. 外付け温度センサー回路の例

使用可能な組み合わせを表 31 に示します。

表 31. GND_SW の設定

ADCCFG[7]	ADCMDE[6]	GND_SW
0	0	Floating.
0	1	Floating.
1	0	Direct connection to ground.
1	1	Connected to ground via a 20 kΩ resistor.

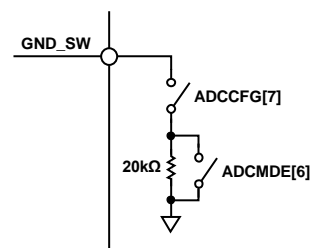


図 18. 内部グラウンド・スイッチの構成

ADC ノイズの性能表

表 32、表 33、表34に、I-ADC、V-ADC、T-ADCについて代表的な出力更新レートでの出力rmsノイズを μV で示します。数値はtyp値であり、差動入力電圧0 Vで取得しています。出力rmsノイズは、ADC入力電圧がDC電圧のときに収集したADC出力コードの分布の標準偏差(1シグマ)として規定されます。 μrms で表されます。

表 32.電流チャンネル ADC のノーマル消費電力モードでの Typ 値出力 RMS ノイズ(μV)

ADCFLT	Data Update Rate	ADC Input Range									
		$\pm 2.3\text{ mV}$ (512)	$\pm 4.6\text{ mV}$ (256)	$\pm 4.68\text{ mV}$ (128)	$\pm 18.75\text{ mV}$ (64)	$\pm 37.5\text{ mV}$ (32)	$\pm 75\text{ mV}$ (16)	$\pm 150\text{ mV}$ (8)	$\pm 300\text{ mV}$ (4 ¹)	$\pm 600\text{ mV}$ (2)	$\pm 1.2\text{ V}$ (1)
0xBF1D	4 Hz	0.040 μV	0.040 μV	0.043 μV	0.087 μV	0.087 μV	0.175 μV	0.35 μV	0.7 μV	2.8 μV	2.8 μV
0x961F	10 Hz	0.060 μV	0.060 μV	0.060 μV	0.087 μV	0.087 μV	0.175 μV	0.35 μV	0.7 μV	2.8 μV	2.8 μV
0x007F	50 Hz	0.142 μV	0.142 μV	0.144 μV	0.145 μV	0.170 μV	0.305 μV	0.380 μV	0.7 μV	2.8 μV	2.8 μV
0x0007	1 kHz	0.620 μV	0.620 μV	0.625 μV	0.625 μV	0.770 μV	1.310 μV	1.650 μV	2.520 μV	7.600 μV	7.600 μV
0x0000	8 kHz	2.000 μV	2.000 μV	2.000 μV	2.000 μV	2.650 μV	4.960 μV	8.020 μV	15.0 μV	55.0 μV	55.0 μV

¹ 最大許容絶対入力電圧はグラウンド基準で-200 mV~+300 mVです。

表 33.電圧チャンネル ADC の Typ 値出力 RMS ノイズ(ADC 電圧アテネータ入力換算)(μV)

ADCFLT	Data Update Rate	0 V to 28.8 V—ADC Input Range
0xBF1D	4 Hz	65 μV
0x961F	10 Hz	65 μV
0x0007	1 kHz	180 μV
0x0000	8 kHz	1600 μV

表 34.温度チャンネル ADC の Typ 値出力 RMS ノイズ(μV)

ADCFLT	Data Update Rate	0 V to 1.2 V—ADC Input Range
0xBF1D	4 Hz	2.8 μV
0x961F	10 Hz	2.8 μV
0x0007	1 kHz	7.5 μV
0x0000	8 kHz	55 μV

ADC MMR インターフェース

ADC は、次のセクションで説明する多数の MMR を使って制御/設定されます。ADCSTA MMR(表 35 参照)の上位 8 ビット(ビット 8~ビット 15)で定義されるすべてのビットは、フラグとしてのみ使われ、割り込みは発生しません。この MMR の下位 8 ビット(ビット 0~ビット 7)内に定義されるすべてのビットは、論理和がとられて、MCU コアへの 1 つの ADC 割り込みを発生します。

ADC 割り込みに応答して、ユーザー・コードでは ADCSTA MMR を調べて割り込み原因を特定する必要があります。

各 ADC 割り込み原因は、ADC 割り込みソース・イネーブル・レジスタのセクションで説明する ADCMSKI MMR を使って個別にマスクすることができます。

ADC ステータス・レジスタ

名前: ADCSTA

アドレス: 0xFFFF0500

デフォルト値: 0x0000

アクセス: 読み出し専用

機能: このレジスタは、ADuC7032-8L ADC の動作モードまたは現在のステータスに関する全体的なステータス情報を格納しています。

表 35.ADCSTA MMR のビット説明

Bit	Description
15	ADC Calibration Status. Set automatically in hardware to indicate that an ADC calibration cycle has been completed. Cleared after ADCMDE is written to.
14	ADC Temperature Conversion Error. Set automatically in hardware to indicate that a temperature conversion overrange or underrange has occurred. The conversion result is clamped to negative full scale (underrange error) or positive full scale (overrange error) in this case. Cleared when a valid (in-range) temperature conversion result is written to the ADC2DAT register.
13	ADC Voltage Conversion Error. Set automatically in hardware to indicate that a voltage conversion overrange or underrange has occurred. The conversion result is clamped to negative full scale (underrange error) or positive full scale (overrange error) in this case. Cleared when a valid (in-range) voltage conversion result is written to the ADC1DAT register.
12	ADC Current Conversion Error. Set automatically in hardware to indicate that a current conversion overrange or underrange has occurred. The conversion result is clamped to negative full scale (underrange error) or positive full scale (overrange error) in this case. Cleared when a valid (in-range) current conversion result is written to the ADC0DAT register.
11	Not Used. Reserved for future functionality and should not be monitored by user code.
10	Not Used. Reserved for future functionality and should not be monitored by user code.
9	ADC FIFO Error Flag. Set to 1 automatically to indicate that the FIFO has overflowed. This bit does not cause an interrupt but is latched high and can be cleared only by disabling the FIFO or reconfiguring the ADC. Reads 0 if the FIFO is disabled or if the FIFO has not overflowed.
8	ADC FIFO Empty Flag. Set to 1 automatically to indicate the ADC FIFO is empty. It is a flag bit only and cannot generate an interrupt. Reads 0 if the ADC FIFO is disabled.
7	ADC FIFO Full Flag. Set to 1 automatically to indicate the ADC FIFO is full. Any subsequent I-ADC and V-ADC conversion results cause an overflow and corrupt the ADC FIFO. Cleared by disabling the FIFO or reconfiguring the ADC.
6	Accumulator Comparator Threshold Exceeded. Indicates that the absolute value of the current channel accumulator has exceeded the programmed threshold. Cleared by disabling the accumulator comparator function in ADCCFG[6: 5] or by reconfiguring the ADC.
5	Not Used. Reserved for future functionality and should not be monitored by user code.
4	Current Channel ADC Comparator Threshold. Valid only if the current channel ADC comparator is enabled via the ADCCFG MMR. Set by hardware if the absolute value of the I-ADC conversion result exceeds the value written in the ADC0TH MMR. If the ADC threshold counter is used (ADC0TCL), this bit is set only when the specified number of I-ADC conversions equals the value in the ADC0THV MMR.
3	Current Channel ADC Overage Bit. If the overrange detect function is enabled via the ADCCFG MMR, this bit is set by hardware if the I-ADC input is grossly (>30% approximately)

ADC0DAT MMR を読み出すと、すべての ADC 変換結果レディ・ビットがクリアされます。電流チャンネル ADC がイネーブルされていない場合、ADC1DAT MMR または ADC2DAT MMR を読み出すと、すべての ADC 変換結果レディ・ビットがクリアされます。

I-ADC、V-ADC、T-ADC の変換データを同期させるときは、ユーザー・コード内で先に ADC2DAT/ ADC1DAT MMR を読み出し、次に ADC0DAT MMR を読み出します。それぞれの ADC 変換結果レディ・ビットが先にクリアされない限り、新しい ADC 変換結果は ADCxDAT MMR に書き込まれません。この規則に対する唯一の例外は、ARM コアがパワーダウンしたときのデータ変換結果の更新です。このモードでは、レディ・ビットがクリアされていない場合でも、ADCxDAT レジスタは常に最新の ADC 変換結果を保持しています。

Bit	Description
	overranged. This bit is updated every 125 μ s. When set, this bit can only be cleared by software when ADCCFG[2] is cleared to disable the function or the ADC gain is changed via the ADC0CON MMR.
2	Temperature Conversion Result-Ready Bit. If the temperature channel ADC is enabled, this bit is set by hardware as soon as a valid temperature conversion result is written in the temperature data register (ADC2DAT MMR). Cleared by reading either ADC2DAT or ADC0DAT.
1	Voltage Conversion Result-Ready Bit. If the voltage channel ADC is enabled, this bit is set by hardware as soon as a valid voltage conversion result is written in the voltage data register (ADC1DAT MMR). Cleared by reading either ADC1DAT or ADC0DAT.
0	Current Conversion Result-Ready Bit. If the current channel ADC is enabled, this bit is set by hardware as soon as a valid current conversion result is written in the current data register (ADC0DAT MMR). Cleared by reading ADC0DAT.

ADC 割り込みソース・イネーブル・レジスタ

名前: ADCMSKI

アドレス: 0xFFFF0504

デフォルト値: 0x00

アクセス: 読み書き可能

機能: このレジスタは、ADC 割り込み原因を個別にイネーブルするときに使います。このレジスタのビット位置は、ADCSTA MMR の下位 8 ビットと同じです。ビットがユーザー・コードから 1 に設定されると、対応する割り込みがイネーブルされます。デフォルトでは、すべてのビットが 0 で、すべての ADC 割り込み原因がディスエーブルされています。

ADC モード・レジスタ

名前: ADCMDE

アドレス: 0xFFFF0508

デフォルト値: 0x00

アクセス: 読み書き可能

機能: ADC モード MMR は、ADC サブシステムの動作モードを設定する 8 ビット・レジスタです。

表 36.ADCMDE MMR のビット説明

Bit	Description
7	Not Used. This bit is reserved for future functionality and must be written as 0 by user code.
6	20 kΩ Resistor Select. Set to 1 to select the 20 kΩ resistor, as shown in 図 18. Set to 0 to select the direct path to ground, as shown in 図 18 (default).
5	Low Power Mode Reference Select. Set to 1 to enable the precision voltage reference in ADC low power mode. This increases current consumption. Set to 0 to enable the low power voltage reference in ADC low power mode (default).
4 to 3	ADC Power Mode Configuration. 00 = ADC normal mode. If enabled, the ADC operates with normal current consumption yielding optimum electrical performance. 01 = ADC low power mode. If enabled, the I-ADC operates with reduced current consumption. This limitation in current consumption is achieved (at the expense of ADC noise performance) by fixing the gain to 128 and using the on-chip low power (131 kHz) oscillator to drive the ADC circuits directly. 10 = ADC low power plus mode. If enabled, the I-ADC again operates with reduced current consumption. In this mode, the gain is fixed to 512, and the current consumed is 200 μA (approximately) more than ADC low power mode, shown previously. The additional current consumed also ensures ADC noise performance is better than that achieved in ADC low power mode. 11 = not defined.
2 to 0	ADC Operation Mode Configuration. 000 = ADC power-down mode. All ADC circuits (including internal reference) are powered-down. 001 = ADC continuous conversion mode. In this mode, any enabled ADC continuously converts. 010 = ADC single conversion mode. In this mode, any enabled ADC performs a single conversion. The ADC enters idle mode once the single-shot conversion is complete. A single conversion takes two to three ADC clock cycles, depending on the chop mode. 011 = ADC idle mode. In this mode, the ADC is fully powered on but is held in r. 100 = ADC self-offset calibration. In this mode, an offset calibration is performed on any enabled ADC using an internally generated 0 V. The calibration is carried out at the user-programmed ADC settings; therefore, as with a normal single ADC conversion, it takes two to three ADC conversion cycles before a fully settled calibration result is ready. The calibration result is automatically written to the ADCxOF MMR of the respective ADC. The ADC returns to idle mode and the calibration- and conversion-ready status bits are set at the end of an offset calibration cycle. 101 = ADC self-gain calibration. In this mode, a gain calibration against an internal reference voltage is performed on all enabled ADCs. A gain calibration is a two-stage process that takes twice the time of an offset calibration. The calibration result is automatically written to the ADCxGN MMR of the respective ADC. The ADC returns to idle mode, and the calibration- and conversion-ready status bits are set at the end of a gain-calibration cycle. An ADC self-gain calibration should only be carried out on the current channel ADC, while preprogrammed, factory calibration coefficients (downloaded automatically from internal Flash) should be used for voltage temperature measurements. If an external NTC is used, an ADC self-calibration should be done on the temperature channel. 110 = ADC system zero-scale calibration. In this mode, a zero-scale calibration is performed on enabled ADC channels against an external zero-scale voltage driven at the ADC input pins. The calibration is carried out at the user programmed ADC settings; therefore, as with a normal single ADC conversion, it takes three ADC conversion cycles before a fully settled calibration result is ready. 111 = ADC system full-scale calibration.

電流チャンネル ADC コントロール・レジスタ

名前: ADC0CON

アドレス: 0xFFFF050C

デフォルト値: 0x00002

アクセス: 読み書き可能

機能: 電流チャンネル ADC コントロール MMR は、I-ADC を設定するときに使う 16 ビット・レジスタです。電流 ADC を ADC0CON を使って再設定すると、電圧 ADC と温度 ADC もリセットされます。

Table 37. ADC0CON MMR のビット説明

Bit	Description
15	Current Channel ADC Enable. Set to 1 by user code to enable the I-ADC. Cleared to 0 to power down the I-ADC and reset the respective ADC ready bit in the ADCSTA MMR to 0.
14 to 13	Current Source Enable. 00 = current sources off. 01 = enable 50 μ A current source on IIN+. 10 = enable 50 μ A current source on IIN-. 11 = enable 50 μ A current source on both IIN- and IIN+.
12 to 10	Not Used. Reserved for future functionality and should be written as 0.
9	Current Channel ADC Output Coding. Set to 1 by user code to configure I-ADC output coding as unipolar. Cleared to 0 by user code to configure I-ADC output coding as twos complement.
8	Not Used. Reserved for future functionality and should be written as 0.
7 to 6	Current Channel ADC Input Select. 00 = IIN+, IIN-. 01 = IIN-, IIN-. Diagnostic, internal short configuration. 10 = ADC reference/136, 0 V. Diagnostic, test voltage for gain settings \leq 128. 11 = not defined.
5 to 4	Current Channel ADC Reference Select. 00 = internal, 1.2 V precision reference selected. In ADC low power mode, the voltage reference selection is controlled by ADCMDE[5]. 01 = external reference inputs (VREF, GND_SW) selected. 10 = external reference inputs divided by 2 ((VREF, GND_SW)/2) selected allows an external reference up to REG_AVDD. 11 = (REG_AVDD, AGND)/2 selected.
3 to 0	Current Channel ADC Gain Select. (Note that nominal I-ADC full-scale input voltage = VREF/GAIN.) 0000 = I-ADC gain = 1. 0001 = I-ADC gain = 2. 0010 = I-ADC gain = 4. 0011 = I-ADC gain = 8. 0100 = I-ADC gain = 16. 0101 = I-ADC gain = 32. 0110 = I-ADC gain = 64. 0111 = I-ADC gain = 128. 1000 = I-ADC gain = 256. 1001 = I-ADC gain = 512. 1xxx = I-ADC gain is undefined.

電圧チャンネル ADC コントロール・レジスタ

名前: ADC1CON

アドレス: 0xFFFF0510

デフォルト値: 0x0000

アクセス: 読み書き可能

機能: 電圧チャンネル ADC コントロール MMR は、V-ADC を設定するときに使う 16 ビット・レジスタです。電圧 ADC をイネーブル/ディスエーブルするときは、電圧減衰器も HVCFG1[7] を使ってイネーブル/ディスエーブルする必要があります。

表 38.ADC1CON MMR のビット説明

Bit	Description
15	Voltage Channel ADC Enable . Set to 1 by user code to enable the V-ADC. When enabling/disabling the voltage ADC, the voltage attenuator must also be enabled/disabled via HVCFG1[7]. Cleared to 0 to power down the V-ADC.
14 to 10	Not Used. Reserved for future functionality and should not be modified by user code.
9	Voltage Channel ADC Output Coding. Set to 1 by user code to configure V-ADC output coding as unipolar. Cleared to 0 by user code to configure V-ADC output coding as twos complement.
8	Not Used. This bit is reserved for future functionality and should be written as 0 by user code.
7 to 6	Voltage Channel ADC Input Select. 00 = VBAT/24, AGND; VBAT attenuator selected. 01 = not defined. 10 = not defined. 11 = internal short; shorted input.
5 to 4	Voltage Channel ADC Reference Select. 00 = internal, 1.2 V precision reference selected. 01 = external reference inputs (VREF, GND_SW) selected. 10 = external reference inputs divided by 2 ((VREF, GND_SW)/2) selected. This allows an external reference up to REG_AVDD. 11 = (REG_AVDD, AGND) divided by 2 selected.
3 to 0	Not Used. Reserved for future functionality and should be written as 0 by user code.

温度チャンネル ADC コントロール・レジスタ

名前: ADC2CON

アドレス: 0xFFFF0514

デフォルト値: 0x0000

アクセス: 読み書き可能

機能: 温度チャンネル ADC コントロール MMR は、T-ADC を設定するときに使う 16 ビット・レジスタです。

表 39.ADC2CON MMR のビット説明

Bit	Description
15	Temperature Channel ADC Enable. Set to 1 by user code to enable the T-ADC. Cleared to 0 to power down the T-ADC.
14 to 13	VTEMP Current Source Enable. 00 = current sources off. 01 = enable 50 μ A current source on VTEMP. 10 = enable 50 μ A current source on GND_SW. 11 = enable 50 μ A current source on both VTEMP and GND_SW. Note that these current sources have a tolerance of $\pm 30\%$.
12 to 10	Not Used. Reserved for future functionality and should not be modified by user code.
9	Temperature Channel ADC Output Coding. Set to 1 by user code to configure T-ADC output coding as unipolar. Cleared to 0 by user code to configure T-ADC output coding as twos complement.
8	Not Used. Reserved for future functionality and should be written as 0 by user code.
7 to 6	Temperature Channel ADC Input Select. 00 = internal temperature sensor. The temperature channel is calibrated to read 0x0000 at 0 K. The temperature gradient is then 16 codes per degree Celsius in twos complement or 32 codes in unipolar mode. This is applicable only to the internal temperature sensor. 01 = external (VTEMP, GND_SW). 10 = shorted input (GND_SW, GND_SW). 11 = I-ADC reference selected in ADC0CON/136.

Bit	Description
5 to 4	Temperature Channel ADC Reference Select. 00 = internal, 1.2 V precision reference selected. 01 = external reference inputs (VREF, GND_SW) selected. 10 = external reference inputs divided by 2 ((VREF, GND_SW)/2) selected; this allows an external reference up to REG_AVDD. 11 = (REG_AVDD, GND_SW) divided by 2 selected; used for external temperature sensor measurements.
3 to 0	Not Used. Reserved for future functionality and should be written as 0 by user code.

ADC フィルタ・レジスタ

名前: ADCFLT

アドレス: 0xFFFF0518

デフォルト値: 0x0007

アクセス: 読み書き可能

機能: ADC フィルタ MMR は、内蔵 ADC の速度と分解能を制御する 16 ビット・レジスタです。

注: ADCFLT を変更すると、電流 ADC、電圧 ADC、温度 ADC がリセットされます。最初の ADC が使用可能になるまでに、ADC あたり $60 \mu s$ の追加時間が必要です。

表 40.ADCFLT MMR のビット説明

Bit	Description
15	Chop Enable. Set by user to enable system chopping of all active ADCs. When this bit is set, the ADC has very low offset errors and drift, but the ADC output rate is reduced by a factor of 3 if AF = 0 (see Sinc3 decimation factor bits, Bit 6 to Bit 0). If AF \neq 0, then the ADC output update rate is the same with chop on or off. When chop is enabled, the settling time is two output periods.
14	Running Average. Set by user to enable a running average-by-2 function, reducing ADC noise. This function is automatically enabled when chopping is active. It is an optional feature when chopping is inactive and, if enabled (when chopping is inactive), it does not reduce ADC output rate but increases the settling time by one conversion period. Cleared by user to disable the running average function.
13 to 8	Averaging Factor (AF). The value written to these bits is used to implement a programmable first-order Sinc3 post filter. The averaging factor can further reduce ADC noise at the expense of output rate, as described in the Sinc3 decimation factor bits (Bit 6 to Bit 0).
7	Sinc3 Modify. Set by user to modify the standard Sinc3 frequency response to increase the filter stopband rejection by 5 dB approximate. This is achieved by inserting a second notch (NOTCH2) at $f_{\text{NOTCH2}} = 1.333 \times f_{\text{NOTCH}}$ where f_{NOTCH} is the location of the first notch in the response.
6 to 0	Sinc3 Decimation Factor (SF). The value (SF) written in these bits controls the oversampling (decimation factor) of the Sinc3 filter. The output rate from the Sinc3 filter is given by $f_{\text{ADC}} = (512,000 / ((\text{SF} + 1) \times 64))$ Hz when the chop bit (Bit 15) = 0 and AF = 0 (AF = averaging factor). ^{1,2}

¹ すべての SF 値 \leq 125 に対して有効。SF = 126 の場合、 f_{ADC} は 60 Hz になります。SF = 127 の場合、 f_{ADC} は 50 Hz になります。

² SF 値 (126 と 127 以外) と AF 値に対する f_{ADC} の計算については、表 41 を参照してください。

デジタル・フィルタ内部データ・パスに対する制限のため、必要とされる ADC 出力レートの発生に使用可能な、Sinc3 デシメーション・ファクタ(SF)と平均化係数(AF)との組み合わせに幾つかの制限があります。この制約により、ノーマル消費電力モードでは最小 ADC 更新が 4 Hz に、低消費電力モードでは 1 Hz に、それぞれ制限されます。3 個すべての ADC をイネーブルする場合は、ユーザー・コードから書き込む SF の最小値は 1 である必要があります。

低消費電力モードと低消費電力プラス・モードでは、ADC は 512 kHz ではなく低消費電力発振器(131 kHz)により直接駆動されます。すべての f_{ADC} 計算値は、4 で除算する必要があります(概算)。

最適 ADC 性能を得るためには、AF を使う前に SF を大きくする必要があります。

表 41.ADC 変換レートおよびセトリング・タイム

Chop Enabled	Running Average	Averaging Factor	f_{ADC}	Time Settling ¹
No	No	No	$\frac{512,000}{[SF+1] \times 64}$	$\frac{3}{f_{ADC}}$
No	No	Yes	$\frac{512,000}{[SF+1] \times 64 \times [3 + AF]}$	$\frac{4}{f_{ADC}}$
No	Yes	No	$\frac{512,000}{[SF+1] \times 64}$	$\frac{1}{f_{ADC}}$
No	Yes	Yes	$\frac{512,000}{[SF+1] \times 64 \times [3 + AF]}$	$\frac{2}{f_{ADC}}$
Yes	N/A	N/A	$\frac{512,000}{[SF+1] \times 64 \times [3 + AF] + 3}$	$\frac{2}{f_{ADC}}$

¹ 最初の ADC が使用可能になるまでに、ADC あたり $60 \mu s$ の追加時間が必要です。

表 42.SF と AF の可能な組み合わせ

SF/AF Range	0	1 to 7	8 to 63
≤ 31	Yes	Yes	Yes
32 to 63	Yes	Yes	No
64 to 127	Yes	No	No

ADC 設定レジスタ

名前: ADCCFG

アドレス: 0xFFFF051C

デフォルト値: 0x00

アクセス: 読み書き可能

機能: この 8 ビット ADC 設定 MMR は、内蔵 ADC に関する拡張機能を制御します。

表 43. ADCCFG MMR のビット説明

Bit	Description
7	<p>Analog Ground Switch Enable.</p> <p>Set to 1 by user software to connect the external GND_SW pin (Pin 15) to an internal analog ground reference point. This bit can be used to connect and disconnect external circuits and components to ground under program control and thereby minimize dc current consumption when the external circuit or component is not being used. This bit is used in conjunction with ADCMDE[6] to select a 20 kΩ resistor to ground.</p>
6 to 5	<p>Current Channel (32-Bit) Accumulator Enable.</p> <p>00 = accumulator disabled and reset to 0. The accumulator must be disabled for a full ADC conversion, (ADCSTA[0] set twice) before the accumulator can be re-enabled to ensure the accumulator is reset.</p> <p>01 = accumulator active.</p> <p>Positive current values are added to the accumulator total. The accumulator can overflow if allowed to run for >65,535 conversions.</p> <p>Negative current values are subtracted from the accumulator total. The accumulator is clamped to a minimum value of 0.</p> <p>10 = accumulator active.</p> <p>Positive current values are added to the accumulator total. The accumulator can overflow if allowed to run for >65,535 conversions.</p> <p>The absolute values of negative current are subtracted from the accumulator total. In this mode, the accumulator continues to accumulate negatively, below 0.</p> <p>11 = accumulator and accumulator comparator enabled. This mode is the same as Mode 10 but with the accumulator comparator enabled.</p>
4 to 3	<p>Current Channel ADC Comparator Enable.</p> <p>00 = comparator disabled.</p> <p>01 = comparator active, interrupt asserted if absolute value of I-ADC conversion result $I \geq \text{ADC0TH}$.</p> <p>10 = comparator-count mode active, interrupt asserted if the absolute value of an I-ADC conversion result $I \geq \text{ADC0TH}$ for number of ADC0TCL conversions; conversion value $I < \text{ADC0TH}$ resets the threshold counter value (ADC0THV) to 0.</p> <p>11 = comparator-count mode active, interrupt asserted if absolute value of an I-ADC conversion result $I \geq \text{ADC0TH}$ for number of ADC0TCL conversions; conversion value $I < \text{ADC0TH}$ decrements the threshold counter value (ADC0THV) towards 0.</p>
2	<p>Current Channel ADC Overrange Enable.</p> <p>Set by user to enable a coarse comparator on the current channel ADC. If the current reading is grossly (>30% approximate) overranged for the active gain setting, then the overrange bit in the ADCSTA MMR is set. For the flag to be set, the current must be outside this range for >125 μs. This feature should not be used in ADC low power mode.</p>
1	<p>ADC FIFO Enable.</p> <p>Set to 1 by user code to enable ADC FIFO on current and voltage ADC channels. The FIFO function allows up to 32 current and voltage ADC results to be stored in an on-chip FIFO. The current status of the FIFO is reflected by three bits in the ADCSTA register. If more than 32 results are stored in the FIFO, the contents of the FIFO may be corrupted.</p>
0	<p>Current Channel ADC, Result Counter Enable.</p> <p>Set by user to enable the result count mode. In this mode, an I-ADC interrupt is generated only when ADC0RCV = ADC0RCL. This allows the I-ADC to continuously monitor current but interrupt the MCU core only after a defined number of conversions. Note that unless the ADC FIFO is enabled (ADCCNG[1] = 1), only the last conversion value is available (intermediate I-ADC conversion results are not stored) when the ADC counter interrupt occurs. The voltage and temperature ADCs also continue to convert if enabled, but again, only the last conversion result is available (intermediate V-ADC and T-ADC conversion results are not stored) when the ADC counter interrupt occurs.</p>

電流チャンネル ADC データ・レジスタ

名前: ADC0DAT

アドレス: 0xFFFFF0520

デフォルト値: 0x0000

アクセス: 読み出し専用

機能: この電流チャンネル ADC データ MMR は、I-ADC の 16 ビット変換結果を格納します。ADC 変換結果レディ・ビット (ADCSTA[0]) がセットされると、ADC はこの MMR を更新しません。MCU からこの MMR を読み出すと、すべてのアサートされているレディ・フラグ (ADCSTA[2: 0]) がクリアされます。

電圧チャンネル・データ・レジスタ

名前: ADC1DAT

アドレス: 0xFFFFF0524

デフォルト値: 0x0000

アクセス: 読み出し専用

機能: この V-ADC データ MMR は、V-ADC の 16 ビット変換結果を格納します。電圧変換結果レディ・ビット (ADCSTA[1]) がセットされると、ADC はこの MMR を更新しません。I-ADC がアクティブでないときに、MCU からこの MMR を読み出すと、すべてのアサートされているレディ・フラグ (ADCSTA[2: 1]) がクリアされます。

温度チャンネル ADC データ・レジスタ

名前: ADC2DAT

アドレス: 0xFFFFF0528

デフォルト値: 0x0000

アクセス: 読み出し専用

機能: この T-ADC データ MMR は、T-ADC の 16 ビット変換結果を格納します。ADC 変換結果レディ・ビット (ADCSTA[2]) がセットされると、ADC はこの MMR を更新しません。この MMR を読み出すと、ADCSTA[2] がクリアされます。

ADC FIFO レジスタ

名前: ADCFIFO

アドレス: 0xFFFFF052C

デフォルト値: 0x0000

アクセス: 読み出し専用

機能: この 32 ビット読み出し専用レジスタは、現在 FIFO 読み出しポインタにより指定されている FIFO ロケーションに格納されている I-ADC と V-ADC の変換結果を返します。この 32 ビット・ワードの下位 16 ビット [15: 0] は I-ADC の変換結果で、上位 16 ビット [31: 16] は V-ADC の変換結果です。FIFO 機能は ADCCFG[1] ビットを使ってイネーブルされ、ADCSTA レジスタ内にある 3 個のフラグを使うと、ユーザー・コードから FIFO 値をモニターし、読み出すことができます。

電流チャンネル ADC オフセット・キャリブレーション・レジスタ

名前: ADC0OF

アドレス: 0xFFFFF0530

デフォルト値: デバイス固有で出荷時に書き込み

アクセス: 読み書き可能

機能: この ADC オフセット MMR は I-ADC の 16 ビット・オフセット・キャリブレーション係数を格納します。このレジスタにはパワーオン時に出荷時デフォルト値が設定されます。ただし、ADCMDE MMR 内のビットを使って I-ADC のオフセット・キャリブレーションが起動されると、このレジスタは自動的に上書きされます。ADC がアイドル・モードの場合、このキャリブレーション・レジスタにはユーザー・コードから書き込みのみが可能です。ADC をイネーブルし、アイドル・モードにした後に、オフセットまたはゲイン・レジスタに書き込みを行う必要があります。ADC は少なくとも 23 μ s 間アイドル・モードにある必要があります。

電圧チャンネル ADC オフセット・キャリブレーション・レジスタ

名前: ADC1OF

アドレス: 0xFFFFF0534

デフォルト値: デバイス固有、出荷時に書き込み

アクセス: 読み書き可能

機能: V-ADC オフセット MMR は、電圧チャンネルの 16 ビット・オフセット・キャリブレーション係数を格納します。このレジスタにはパワーオン時に出荷時デフォルト値が設定されます。ただし、ADCMDE MMR 内のビットを使って電圧チャンネルのオフセット・キャリブレーションが起動されると、このレジスタは自動的に上書きされます。ADC がアイドル・モードの場合、このキャリブレーション・レジスタにはユーザー・コードから書き込みのみが可能です。ADC をイネーブルし、アイドル・モードにした後に、オフセットまたはゲイン・レジスタに書き込みを行う必要があります。ADC は少なくとも 23 μ s 間アイドル・モードにある必要があります。

温度チャンネル ADC オフセット・キャリブレーション・レジスタ

名前: ADC2OF

アドレス: 0xFFFFF0538

デフォルト値: デバイス固有、出荷時に書き込み

アクセス: 読み書き可能

機能: T-ADC オフセット MMR は、温度チャンネルの 16 ビット・オフセット・キャリブレーション係数を格納します。このレジスタにはパワーオン時に出荷時デフォルト値が設定されます。ただし、ADCMDE MMR 内のビットを使って温度チャンネルのオフセット・キャリブレーションが起動されると、このレジスタは自動的に上書きされます。ADC がアイドル・モードの場合、このキャリブレーション・レジスタにはユーザー・コードから書き込みのみが可能です。ADC をイネーブルし、アイドル・モードにした後に、オフセットまたはゲイン・レジスタに書き込みを行う必要があります。ADC は少なくとも 23 μ s 間アイドル・モードにある必要があります。

電流チャンネル ADC ゲイン・キャリブレーション・レジスタ

名前: ADC0GN

アドレス: 0xFFFF053C

デフォルト値: デバイス固有、出荷時に書き込み

アクセス: 読み書き可能

機能: I-ADC ゲイン MMR は、I-ADC 変換結果をスケールリングする 16 ビット・ゲイン・キャリブレーション係数を格納します。このレジスタにはパワーオン時に出荷時デフォルト値が設定されます。ただし、ADCMDE MMR 内のビットを使って I-ADC のゲイン・キャリブレーションが起動されると、このレジスタは自動的に上書きされます。ADC がアイドル・モードの場合、このキャリブレーション・レジスタにはユーザー・コードから書き込みのみが可能です。ADC をイネーブルし、アイドル・モードにした後に、オフセットまたはゲイン・レジスタに書き込みを行う必要があります。ADC は少なくとも 23 μ s 間アイドル・モードにある必要があります。

電圧チャンネル ADC ゲイン・キャリブレーション・レジスタ

名前: ADC1GN

アドレス: 0xFFFF0540

デフォルト値: デバイス固有、出荷時に書き込み

アクセス: 読み書き可能

機能: このゲイン MMR は、電圧チャンネル変換結果をスケールリングする 16 ビット・ゲイン・キャリブレーション係数を格納します。このレジスタにはパワーオン時に出荷時デフォルト値が設定されます。ただし、ADCMDE MMR 内のビットを使って電圧チャンネルのゲイン・キャリブレーションが起動されると、このレジスタは自動的に上書きされます。ADC がアイドル・モードの場合、このキャリブレーション・レジスタにはユーザー・コードから書き込みのみが可能です。ADC をイネーブルし、アイドル・モードにした後に、オフセットまたはゲイン・レジスタに書き込みを行う必要があります。ADC は少なくとも 23 μ s 間アイドル・モードにある必要があります。

温度チャンネル ADC ゲイン・キャリブレーション・レジスタ

名前: ADC2GN

アドレス: 0xFFFF0544

デフォルト値: デバイス固有、出荷時に書き込み

アクセス: 読み書き可能

機能: この T-ADC ゲイン MMR は、温度チャンネル変換結果をスケールリングする 16 ビット・ゲイン・キャリブレーション係数を格納します。このレジスタにはパワーオン時に出荷時デフォルト値が設定されます。ただし、ADCMDE MMR 内のビットを使って温度チャンネルのゲイン・キャリブレーションが起動されると、このレジスタは自動的に上書きされます。ADC がアイドル・モードの場合、このキャリブレーション・レジスタにはユーザー・コードから書き込みのみが可能です。ADC をイネーブルし、アイドル・モードにした後に、オフセットまたはゲイン・レジスタに書き込みを行う必要があります。ADC は少なくとも 23 μ s 間アイドル・モードにある必要があります。

電流チャンネル ADC リザルト・カウンタ限界値レジスタ

名前: ADC0RCL

アドレス: 0xFFFF0548

デフォルト値: 0x0001

アクセス: 読み書き可能

機能: この 16 ビット MMR は、ADC 割り込みが発生するために必要な変換回数を設定します。デフォルトでは、このレジスタに 0x01 が設定されます。ADCCFG MMR 内にある ADC 変換結果カウンタ・イネーブル・ビットを使って ADC カウンタ機能をイネーブルする必要があります。

電流チャンネル ADC リザルト・カウンタ値レジスタ

名前: ADC0RCV

アドレス: 0xFFFF054C

デフォルト値: 0x0000

アクセス: 読み出し専用

機能: この 16 ビット読み出し専用 MMR は、現在の I-ADC 変換結果数を格納します。ADC0RCL と組み合わせる使い、I-ADC 割り込みをマスクして、割り込み発生レートを小さくします。ADC0RCV = ADC0RCL のとき、ADC0RCV 値は 0 にリセットされて、カウンタを再開します。また、アキュムレータ (ADC0ACC) と組み合わせる使って、平均電流計算を開始させることもできます。変換結果カウンタは、ADCCFG[0] を使ってイネーブルされます。I-ADC の設定が変更されたとき、すなわち ADC0CON または ADCMDE が書き込まれたとき、この MMR も 0 にリセットされます。

電流チャンネル ADC スレッシュホールド・レジスタ

名前: ADC0TH

アドレス: 0xFFFF0550

デフォルト値: 0x0000

アクセス: 読み書き可能

機能: この 16 ビット MMR は、I-ADC 変換結果の絶対値を比較するスレッシュホールドを設定します。ユニポーラ・モードでは、ADC0TH[15:0] が比較され、2 の補数モードでは、ADC0TH[14:0] が比較されます。

電流チャンネル ADC スレッシュホールド・カウンタ限界値レジスタ

名前: ADC0TCL

アドレス: 0xFFFF0554

デフォルト値: 0x01

アクセス: 読み書き可能

機能: この 8 ビット MMR は、ADCSTA MMR 内の I-ADC コンパレータ・スレッシュホールド・ビットがセットされて、ADC 割り込みが発生されるまでに必要な ADC0TH を上回る I-ADC 変換結果の累積出現回数値を指定します(スレッシュホールドを下回る値はカウンタをデクリメントまたは 0 にリセットします)。ADC0THV = ADC0TCL になると、ただちに I-ADC コンパレータ・スレッシュホールド・ビットがアサートされます。

電流チャンネル ADC スレッシュホールド・カウント・レジスタ

名前: ADC0THV

アドレス: 0xFFFF0558

デフォルト値: 0x00

アクセス: 読み出し専用

機能: この 8 ビット MMR は、I-ADC 変換結果の絶対値 $|I|$ が ADC0TH 値以上であるたびにインクリメントされます。このレジスタは、I-ADC 変換結果の絶対値 $|I|$ が ADC0TH の値を下回るごとにデクリメントされるか、0 にリセットされます。この機能の設定は、ADCCFG MMR 内にある電流チャンネル ADC コンパレータ・ビットを使ってイネーブルされます。

電流チャンネル ADC アキュムレータ・レジスタ

名前: ADC0ACC

アドレス: 0xFFFF055C

デフォルト値: 0x00000000

アクセス: 読み出し専用

機能: この 32 ビット MMR は、電流チャンネル・アキュムレータ値を格納します。ADCSTA MMR 内の I-ADC レディ・ビットを使って、この MMR を読み出す安全なタイミングをチェックする必要があります。ADCCFG MMR 内のアキュムレータをディセーブルするか、または電流チャンネル ADC を再設定すると、MMR 値は 0 にリセットされます。

電流チャンネル ADC アキュムレータ・スレッシュホールド・レジスタ

名前: ADC0ATH

アドレス: 0xFFFF0560

デフォルト値: 0x00000000

アクセス: 読み書き可能

機能: この 32 ビット MMR は、I-ADC 変換結果の累積値を比較するスレッシュホールドを設定します。ユニポーラ・モードでは、ADC0TH[15: 0]が比較され、2 の補数モードでは、ADC0TH[14: 0]が比較されます。

低消費電力リファレンス電圧スケールリング・ファクタ・レジスタ

名前: ADCREF

アドレス: 0xFFFF057C

デフォルト値: デバイス固有、出荷時に書き込み

アクセス: 読み書き可能

機能: この MMR を使うと、ユーザー・コードから LPM リファレンス電圧の初期誤差を補正することができます。ノーマル・モード・リファレンスと比較したとき、0x8000 は誤差なしに対応します。LPM リファレンス電圧が 1.200 V より 1%低い場合、ADCREF の値は約 0x7EB9 になります。LPM リファレンス電圧が 1.200 V より 1%高い場合、ADCREF の値は約 0x8147 になります。

このレジスタは、アナログ・デバイスでの製造時にリファレンスを測定した温度(35°C)での LPM リファレンスの実効値を補正します。ADCREF MMR を使用した場合には、LPM リファレンスの温度係数に変化はありません。

低消費電力モードで高精度リファレンスを使用している場合(ADCMDE[5]をセット)、このレジスタは使用できません。

ADC 低消費電力動作モード

ADCMDE[4: 3]を適切に設定して、ADC を種々の省電力モードまたはフル・パワー動作モードに設定することができます。また、ARM7 MCU も低消費電力動作モードに設定することができます(POWCON[5: 3])。コアの消費電力モードは独立に制御されるため、このセクションで説明する ADC の消費電力モードとは関係ありません。ADC 低消費電力動作モードは、次の節で詳しく説明します。

各 I-ADC 変換結果を、設定されているスレッシュホールド・レベル(ADC0TH)と比較するように、ADCCFG[4: 3]を使って設定することもできます。ADC 変換結果の絶対値(符号に無関係)が予め設定されているコンパレータ・スレッシュホールド・レベルより大きいとき、MCU 割り込みが発生します。このコンパレータ機能の拡張機能を使うと、ユーザー・コードからスレッシュホールド・カウンタ(ADC0THV)を設定して、設定されているスレッシュホールド・レベルより大きいまたは小さい値の I-ADC 変換結果の発生回数をモニターすることができます。この場合も、スレッシュホールド・カウンタが設定されている値(ADC0TCL)に一致すると、ADC 割り込みが発生します。

最後に、32 ビットのアキュムレータ(ADC0ACC)機能を設定して(ADCCFG[6: 5])、I-ADC を複数の I-ADC サンプル変換結果に対して加算または減算することができます。ユーザー・コードから、それ以外のソフトウェア処理なしで累積値(ADC0ACC)を直接読み出すことができます。

ADC の起動手順

変換を開始する前に、次の手順を実行する必要があります。

1. I-ADC を低消費電力モードに設定します(ADC0CON = 0x8007; ADCMDE = 0x09)。
2. 200 μ s 間遅延させます。
3. I-ADC をアイドル・モードに切り替えます。ADCMDE = 0x03 とし、ADC0CON は変更しません。電圧チャンネルまたは温度チャンネルを使用する場合は、このタイミングでこれらをイネーブルします。
4. 1 ms 間遅延させます。
5. ADCMDE を所望のモードへ切り替えます。たとえば ADCMDE = 0x1。

ADC ノーマル消費電力モード

ノーマル・モードでは、電流チャンネルと電圧/温度チャンネルがイネーブルされます。ADC 変調器クロックは 512 kHz であり、ADC がイネーブルされて 4 Hz~8 kHz のレートで通常の変換結果を出力します(ADCFLT MMR ビットの説明については表 40 のセクション参照)。両チャンネルは MCU から制御され、何時でも再設定可能です。すべてのチャンネルのデフォルトの ADC 更新レートは、このモードでは 1.0 kHz です。

ADC フル・パワーダウン・モードに戻る前に、I-ADC、V-ADC、T-ADC チャンネルは、周期的起動、ノーマル消費電力モード、高精度、シングル変換サイクルに設定することができます。ADCMDE MMR を使った MCU 制御により、この柔軟性が可能になっています。平均 DC 消費電流を最小に維持しながらでも、バッテリーの電流設定、電圧設定、温度設定の連続的な周期モニターが可能です。

ADC ノーマル・モードでは、PLL をパワーダウンさせることはできません。

ADC 低消費電力モード

ADC 低消費電力モードでは、I-ADC が低消費電力かつ低精度構成でイネーブルされます。ADC 変調器クロックは、内蔵の 131 kHz 低消費電力発振器から直接駆動されるため、ADC 更新レートを 1 Hz まで低くすることができます(ADCFLT)。ADC ゲインは、このモードでは 128 に固定されます。

前のセクションで説明したすべての ADC ペリフェラル機能(変換結果カウンタ、デジタル・コンパレータ、アキュムレータ)は、低消費電力モードでもイネーブルすることができます。

一般に、低消費電力モードでは、I-ADC のみが、低更新レートでのバッテリー電流の連続モニター用に設定されます。MCU はパワーダウン・モードにあり、I-ADC から MCU への割り込みでのみパワーアップします。これは、予め設定されたスレッシュホールド、セットポイント、または変換回数を越えた電流変換または累積電流値を I-ADC が検出した後に発生します。

また、ADCMDE[5]を使って、ADC ノーマル・モード・リファレンス電圧または ADC 低消費電力モード・リファレンス電圧を選択することもできます。

ADC 低消費電力プラス・モード

低消費電力プラス・モードでは、I-ADC チャンネルが低消費電力モードとほぼ同じモードでイネーブルされます(ADCMDE[4:3])。ただし、このモードでは、I-ADC ゲインが 512 固定であり、ADC の消費電流が約 200 μ A 増えるため、低消費電力モード構成よりノイズ性能が改善されます。

表 41 に示してあります。AF 値と SF 値の可能な組み合わせは表 42 に示してあります。

この場合も、ADC ノーマル消費電力モードのセクションで説明したすべての ADC ペリフェラル機能(変換結果カウンタ、デジタル・コンパレータ、アキュムレータ)は、低消費電力モードでもイネーブルすることができます。

低消費電力モードの場合と同様に、低消費電力モードでも、I-ADC が低更新レートでのバッテリー電流の連続モニター用に設定されます。MCU はパワーダウン・モードにあり、I-ADC から MCU への割り込みでのみパワーアップします。これは、予め設定されたスレッシュホールドまたはセットポイントを越えた電流変換結果または累積電流値を I-ADC が検出した後に発生します。

また、ADCMDE[5]を使って、ADC 高精度リファレンス電圧または ADC 低消費電力モード・リファレンス電圧を選択することもできます。

ADC Sinc3 デジタル・フィルタの応答

すべての ADuC7032-8L ADC の全体周波数応答は、内蔵の Sinc3 デジタル・フィルタのローパス・フィルタ応答により支配されます。Sinc3 フィルタは、ADC Σ - Δ 変調器出力データ・ビット・ストリームをデシメートして有効な 16 ビット・データ変換結果を得るために使われます。デジタル・フィルタ応答はすべての ADC に対して同じで、ADC の全体スループット・レートを決定する 16 ビットの ADC フィルタ(ADCFLT)レジスタを使って設定されます。ADC のノイズ分解能は、書き込まれた ADC スループット・レートにより決定されます。電流チャンネル ADC の場合、ノイズ分解能はスループット・レートと選択されたゲインにより決定されます。

全体周波数応答と ADC スループットは、Sinc3 フィルタ・デシメーション・ファクタ(SF)ビット(ADCFLT[6:0])と平均化係数(AF)ビット(ADCFLT[13:8])の設定により支配されます。デジタル・フィルタ内部データ・パスに対する制限のため、必要とされる ADC 出力レートの発生に使用可能な、Sinc3 デシメーション・ファクタ(SF)と平均化係数(AF)との組み合わせに幾つかの制限があります。この制約により、ノーマル消費電力モードでは最小 ADC 更新が 4 Hz に、低消費電力モードでは 1 Hz に、それぞれ制限されます。ADC スループット・レートの計算は、ADCFLT ビット配置表で説明してあります(表 40 参照)。幾つかの例は

デフォルトでは、ADCFLT = 0x0007により、ADCのスループットが 1.0 kHz に設定され、他のすべてのフィルタ・オプション(チョップ、running average、平均化係数、Sinc3 モデファイ)がディスエーブルされています。このデフォルト設定を採用したフィルタ応答を図 19 に示します。

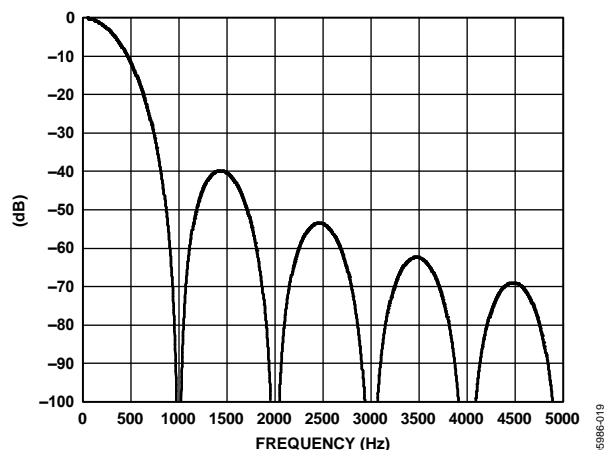


図 19. デジタル・フィルタの応答(Typ)、fADC = 1.0 kHz (ADCFLT = 0x0007)

ADCFLT レジスタには、その他の Sinc3 モデファイ・ビット (ADCFLT[7]) もあります。ユーザー・コードからこのビットをセットして、標準 Sinc3 周波数応答のフィルタ阻止帯域除去比を約 5 dB 大きくすることができます。これは、 $f_{NOTCH2} = 1.333 \times f_{NOTCH}$ に 2 つ目のノッチ(NOTCH2)を挿入して実現されています。ここで、 f_{NOTCH} は応答内の 1 つ目のノッチの位置。このビットをアクティブにすると、ADC ノイズが少し増加します。図 20 に、Sinc3 モデファイ・ビットをアクティブにしたときの変更した 1 kHz フィルタ応答を示します。新しいノッチが明らかに 1.33 kHz に見られます。標準の 1 kHz 応答(図 19)と比較して阻止帯域除去比が改善されています。

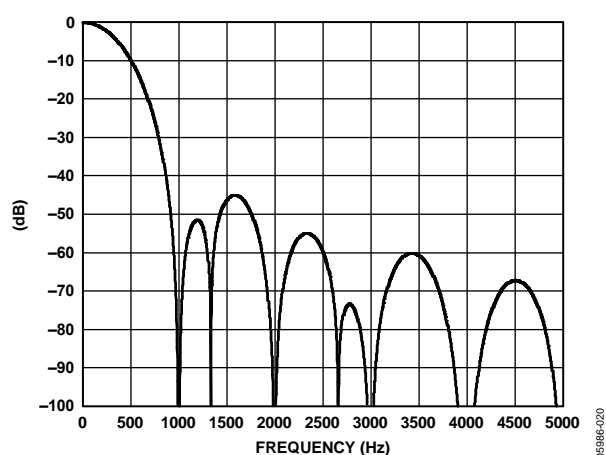


図 20. 修正した Sinc3 デジタル・フィルタの応答、fADC = 1.0 kHz (ADCFLT = 0x0087)

ADC ノーマル消費電力モードでは最大 ADC スループット・レートは 8 kHz です。この設定は、ADCFLT MMR 内の SF ビットと AF ビットに 0 を設定して、その他のすべてのフィルタ・オプションをディスエーブルして実現されます。これにより、ADCFLT に変換結果 0x0000 が書き込まれます。これらの設定を採用した 8 kHz フィルタ応答(図 21)を示します。

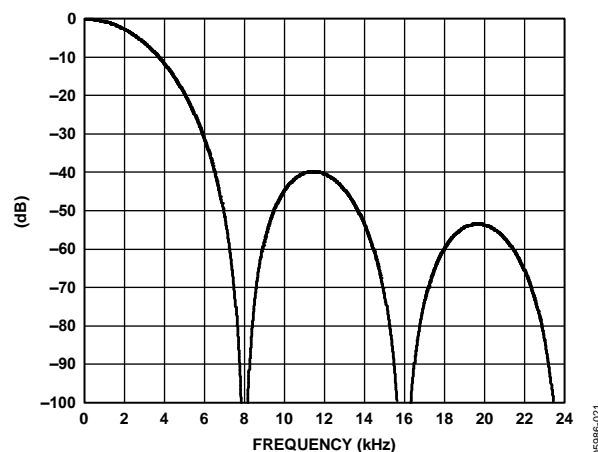


図 21. デジタル・フィルタの応答(Typ)、fADC = 8 kHz (ADCFLT = 0x0000)

8 kHz フィルタ応答の修正バージョンは、running average ビット (ADCFLT[14]) をセットすることにより、設定することができます。これは、すべての ADC 出力サンプルに対して running-average-by-two フィルタを追加する効果があります。これにより、ADC 出力ノイズがさらに削減され、さらに 8 kHz ADC スループット・レートを維持することにより、ADC セットリング・タイムが 1 変換周期だけ増えます。この設定の修正した周波数応答を図 22 に示します。

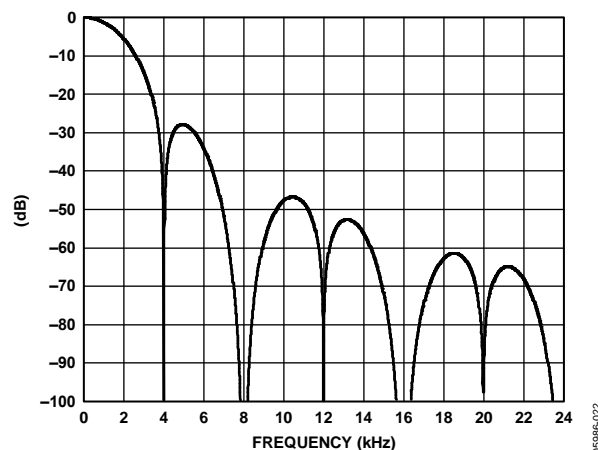


図 22. デジタル・フィルタの応答(Typ)、fADC = 8 kHz (ADCFLT = 0x4000)

非常に低いスループット・レートでは、ADCFLT レジスタのチョップ・ビットをイネーブルして、オフセット誤差を小さくし、さらに重要なことには、ADC DC 誤差の温度ドリフトを小さくすることができます。チョップをイネーブルすると、2 つの主要変数(Sinc3 デシメーション・ファクタと平均化係数)が使用可能になり、フィルタ帯域幅と ADC ノイズとのトレードオフにより、最適フィルタ応答を選択することができます。

たとえば、チョップ・イネーブル・ビット ADCFLT[15]に 1 を設定し、SF 値(ADCFLT[6: 0])を 0x1F (10 進数で 3110)に増やし、AF 値(ADCFLT[13: 8]) = 0x16 (10 進数で 22)にすると、ADC スループットは 10 Hz になります。この場合の周波数応答を図 23 に示します。

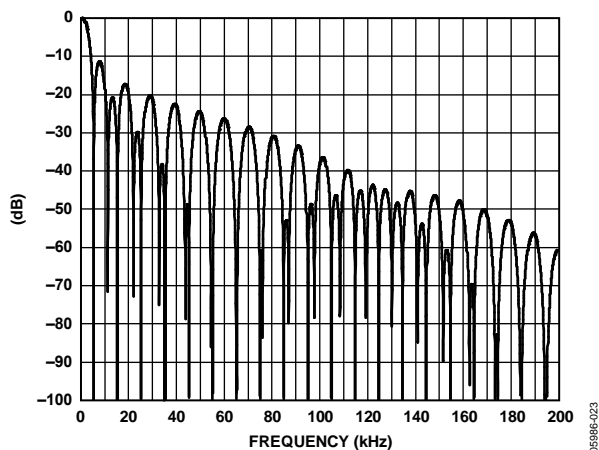


図 23. デジタル・フィルタの応答(Typ)、fADC = 10 Hz (ADCFLT = 0x961F)

SF を 0x1D に変更し、AF に 0x3F を設定し、チョップ・ビットをイネーブルし、ADC をノーマル・モードでの最小スループット・レート 4 Hz に設定します。この設定でのデジタル・フィルタ周波数応答を図 24 に示します。

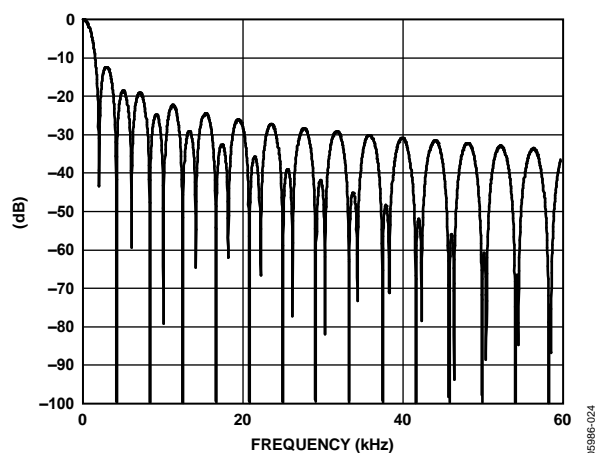


図 24. デジタル・フィルタの応答(Typ)、fADC = 4 Hz (ADCFLT = 0xBF1D)

ADC 低消費電力モードでは、ADC の Σ - Δ 変調器クロックは 512 kHz で駆動されなくなりますが、内蔵の低消費電力発振器(131 kHz)から直接駆動されるようになります。したがって、ノーマル・モードの同じ ADCFLT 設定の場合、すべてのフィルタ値は係数約 4 でスケールする必要があります。これは、低消費電力モードで ADC を 1 Hz のスループットに設定できることを意味します。この設定に対するフィルタ周波数応答を図 25 に示します。

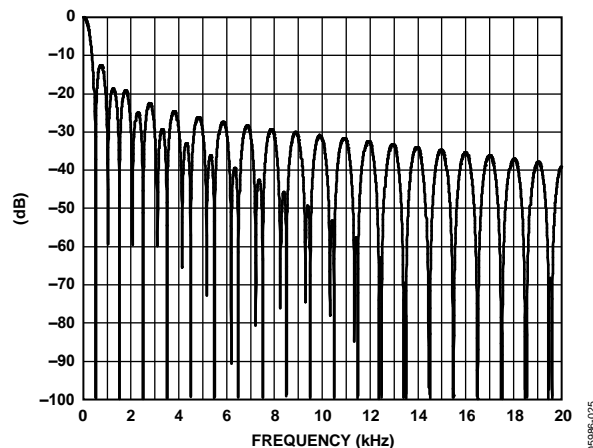


図 25. デジタル・フィルタの応答(Typ)、fADC = 1 Hz (ADCFLT = 0xBD1F)

一般に、ADCFLT レジスタの SF と AF に異なる値を書き込んで、同じ ADC 更新レートを実現することが可能です。実際には、ADCFLT 値のトレードオフは、周波数応答と ADC ノイズとの間で行われます。SF と AF の組み合わせを使った際に最適なフィルタ応答と ADC ノイズを得るためには、SF を 10 進値で 16~40 (0x10~0x28)の範囲から選択します。次に、AF 値を増加させて所望の ADC スループットを実現するようにします。

表 44 に一般的な ADCFLT の設定を示します。

表 44. 共通な ADCFLT 設定

ADC Mode	SF	AF	Other Configuration	ADCFLT	f _{ADC}	t _{SETTLE}
Normal	0x1D	0x3F	Chop on	0xBF1D	4 Hz	0.5 sec
	0x1F	0x16	Chop on	0x961F	10 Hz	0.2 sec
	0x07	0x00	None	0x0007	1 kHz	3 ms
	0x07	0x00	Sinc3 modify	0x0087	1 kHz	3 ms
	0x03	0x00	Running average	0x4003	2 kHz	2 ms
	0x00	0x00	Running average	0x4000	8 kHz	0.5 ms
Low Power	0x10	0x03	Chop on	0x8310	20 Hz	100 ms
	0x10	0x09	Chop on	0x8910	10 Hz	200 ms
	0x1F	0x3D	Chop on	0xBD1F	1 Hz	2 sec

ADC Calibration

ブロック図(図 15 と図 16)に示すように、すべての ADC チャンネルを通過する信号は簡単なステップで記述することができます。

1. 入力電圧は入力バッファ(さらに I-ADC の場合は PGA)を経て $\Sigma\Delta$ 変調器に入力されます。
2. 変調器出力はプログラマブル・デジタル・デシメーション・フィルタに入力されます。
3. チョッピングを使う場合には、フィルタ出力の変換結果は平均処理されます。
4. 変換結果からオフセット値(ADCxOF)が減算されます。
5. この変換結果は、ゲイン値(ADCxGN)を使ってスケールリングされます。
6. 最後に、変換結果は 16 ビットに丸められるか、またはフルスケールにクランプされて、2 の補数/オフセット・バイナリとしてフォーマットされます。

各 ADC は、対応した固有のオフセットとゲイン補正またはキャリブレーション係数を持っています。これらは、MMR ベースのオフセット・レジスタとゲイン・レジスタ(ADCxOF と ADCxGN)に格納されています。オフセット・レジスタとゲイン・レジスタは、デバイス内部に発生するオフセット誤差とゲイン誤差、さらにシステム・レベル・オフセットとデバイス外部のゲイン誤差を除去する際に使うことができます。

これらのレジスタには、デバイス出荷時に書き込まれたキャリブレーション値がパワーオン時に設定されます。これらの出荷時キャリブレーション値は、内部 ADC 回路の製造時の変動を反映してデバイスごとに異なります。ただし、これらのレジスタは、ユーザー・コードから上書き可能で(ADC がアイドル・モードのときのみ)、さらに ADCMDE[2: 0] MMR 内にあるモード・ビットを使ってユーザーがオフセットまたはゲイン・キャリブレーション・サイクルを起動した場合、自動的に上書きされます。2つのタイプの同期信号を使用することができます。

セルフ・キャリブレーション(オフセットまたはゲイン)

セルフ・キャリブレーションでは、セルフ・オフセット・キャリブレーションの場合は内部で発生した 0 V を使って、セルフ・ゲイン・キャリブレーションの場合はフル・スケール電圧を使って、ADC がキャリブレーション係数を発生します。ADC セルフ・キャリブレーションは ADC 内部のオフセット誤差とゲイン誤差を補正する機能であることに注意してください。セルフ・キャリブレーションでは、シャント抵抗偏差/ドリフトや外付けオフセット電圧などのようなシステム内の他の外部誤差を補正することはできません。

システム・キャリブレーション(オフセットまたはゲイン)

システム・キャリブレーションでは、外部で発生したゼロ・スケール電圧(システム・オフセット・キャリブレーションの場合)とフル・スケール電圧(システム・ゲイン・キャリブレーションの場合)を使って、ADC がキャリブレーション係数を発生します。これらの電圧は、キャリブレーション・サイクル中に外部 ADC 入力に加えられます。

オフセット・キャリブレーションに要する時間は 1 変換サイクル(チョップ・オフ時は $3/f_{\text{ADC}}$ 、チョップ・オン時は $2/f_{\text{ADC}}$)で、その後 ADC はアイドル・モードに戻ります。ゲイン・キャリブレーションは 2 ステージ処理であるため、オフセット・キャリブレーション・サイクルの 2 倍の時間を要します。キャリブレーション・サイクルが開始されると、実行中の ADC 変換が直ちに停止され、キャリブレーションが自動的に ADCFLT に設定された ADC 更新レートで実行され、ADC はキャリブレーション・サイクルが終了したとき必ずアイドルに戻ります。ADC キャリブレーションはできるだけ低い ADC 更新レート(ADCFLT に大きな SF 値を設定)で開始して、キャリブレーション時の ADC ノイズによる影響を小さくすることが推奨されます。

Note that in セルフ・キャリブレーション・モードでは、キャリブレーションを開始する前に、ADC0GN に PGA = 1 の値を設定しておく必要があります。

オフセットとゲインのキャリブレーション・レジスタの使い方

チョップ・ビット ADCFLT[15]がイネーブルされている場合、内部 ADC オフセット誤差が小さくなるので、オフセット・キャリブレーションは不要になると思われます。ただし、チョッピングがディスエーブルされている場合には、初期オフセット・キャリブレーションが必要となるため、特に大きな温度の後には、繰り返すことが必要な場合があります。

ゲイン・キャリブレーションは、特に I-ADC (内部 PGA 使用)では、システムの精度要求に応じて、すべての関連するシステム・ゲイン・レンジで実行することが必要となる場合があります。すべてのゲイン・レンジで外部フル・スケール電圧を入力することができない場合は、小さい電圧を入力して、キャリブレーションで得られた変換結果をスケールすることができます。たとえば、50%の電圧を入力し、得られた ADC0GN 値を 2 で除算して、この値を ADC0GN に書き込みます。ADC0GN レジスタは 16 ビット・レジスタであるため、システム・キャリブレーションで入力できる入力信号に下限があることに注意してください。入力スパン(システム・ゼロ・スケール値とシステム・フル・スケール値との間の差)は、公称フル・スケール入力範囲の 40%より大きい必要があります(V_{REF} /ゲインの 40%より大)。

内蔵フラッシュ/EE メモリを使って複数のキャリブレーション係数を保存することができます。これらの係数は、ユーザー・コードが関連するキャリブレーション・レジスタへ直接コピーすることができます(システム構成で指定した場合)。一般に、キャリブレーション・レジスタを使う最も容易な方法は、ADC 自動キャリブレーション・モードの一部として必要とされる値を ADC に計算させることです。

I-ADC の出荷時キャリブレーションでは、次の 2 ステップの手順を使っています。

- 0A 電流を入力します。
ADC に必要とされる PGA 設定などを行い、ADCMDE[2: 0] に書き込みを行って、システム・ゼロ・スケール・キャリブレーションを実行します。これにより、新しいオフセット・キャリブレーション値が ADC0OF に書き込まれます。
- 選択した PGA 設定に対応したフル・スケール電流を入力します。
ADCMDE に書き込みを行って、システム・フル・スケール・キャリブレーションを実行します。これにより、新しいゲイン・キャリブレーション値が ADC0GN に書き込まれます。

オフセットとゲインのキャリブレーション・レジスタの説明

ADC 信号フロー内の平均ブロックの出力(デジタル・フィルタのセクションとオフセットとゲインのスケージングのセクションとの間で既に説明)は、±フル・スケール入力スパンが約±0.75 である非整数値と見なすことができます。入力信号である程度のオーバーレンジ機能を許容するために変調器で減衰が発生するため、スパンは±1.0 より小さくなります。この減衰の正確な値は、製造時の偏差のためデバイスごとに異なります。

オフセット係数は、ADC0OF キャリブレーション・レジスタから読み出されます。この値は 16 ビットの 2 の補数値です。シグナル・チェーン内でのこの値の範囲は実質的に±1.0 です。したがって、ADC0OF レジスタの 1 LSB は、ADC0DAT の 1 LSB と一致しません。

ADC0OF の正の値はフィルタ出力からオフセットが減算されたことを意味し、負の値は加算されたことを意味します。このレジスタの公称値は 0x0000 であり、ゼロ・オフセットが除去されることを表しています。ADC の実際のオフセットは、様々な PGA ゲインでデバイスごとに少し異なります。チョップ・モードをアクティブにすると(ADCFLT[15] = 1)、ADC 内のオフセットを小さくすることができます。

ゲイン係数は単位のないスケール・ファクタです。このレジスタの 16 ビット値は 16,384 で除算され、オフセット補正された値で乗算されます。このレジスタの公称値は 0x5555 であり、乗算係数 1.3333 に対応します。これにより公称±0.75 信号にスケールされて、±1.0 のフル・スケール出力信号が得られ、オーバーフロー/アンダーフローがチェックされた後に、2 の補数またはユニポーラ・モードに変換され、その後データ・レジスタに出力されます。

実際のゲインとゼロ・ゲイン誤差に必要とされるスケール係数は、様々な PGA 設定とノーマル/低消費電力モードで、デバイスごとに少し異なります。パワーオン・リセット時に ADC0GN にダウンロードされる値は、PGA ゲイン= 1 に対するスケール係数を表しています。この値を異なる PGA 設定で使うと、あるレベルのゲイン誤差が発生します。現在の PGA 設定でのゲイン誤差を補正するときは、ユーザー・コードからキャリブレーション係数を上書きするか、または ADC キャリブレーションを実行することができます。

要約すると、簡素化した ADC 伝達関数は次のようになります。

$$ADCOUT = \left[\frac{VIN \times PGA}{VREF} - ADCOF \right] \times \frac{ADCGN}{ADCGNNOM}$$

この式は電圧チャンネルと温度チャンネルの ADC に対して有効です。

電流チャンネル ADC に対しては、

$$ADCOUT = \left[\frac{VIN \times PGA}{VREF} - K \times ADCOF \right] \times \frac{ADCGN}{ADCGNNOM}$$

ここで、K は PGA ゲイン設定と ADC モードに依存します。

ノーマル動作モード

PGA ゲインが 1、4、8、16、32、64 の場合、K 係数は 1 です。PGA ゲインが 2 と 128 の場合、K 係数は 2 です。PGA ゲインが 256 の場合、K 係数は 4 です。PGA ゲインが 512 の場合、K 係数は 8 です。

低消費電力モード

PGA ゲインは 128 に、K 係数は 32 に、それぞれ設定されます。

低消費電力プラス・モード

K 係数は 8 です。

低消費電力モードと低消費電力プラス・モードでは、リファレンスとして(REG_AVDD)/2 を使うと、K 係数が 2 倍になります。

ADC の診断

ADuC7032-8L は、3 個すべての ADC の診断機能を内蔵していません。

電流 ADC の診断

ADuC7032-8L は、アプリケーション・ボード上の断線状態を検出する機能を内蔵しています。これは、IIN+ と IIN- 上の 2 つの電流源を使って実現されています。これらは ADC0CON[14: 13] を使って制御されます。

これらの電流源は±30%の偏差を持っていることに注意してください。電流源をイネーブルするときは、PGA ゲイン ≥ 2 (ADC0CON[3: 0] ≥ 0001)を使用する必要があります。

温度 ADC の診断

ADuC7032-8L は、温度チャンネル入力の断線状態を検出する機能を内蔵しています。これは VTEMP と GND_SW の 2 の電流源を使って実現され、ADC2CON[14: 13]を使って制御されます。

これらの電流源は±30%の偏差を持っていることに注意してください。

電源サポート回路

ADuC7032-8L は、ロー・ドロップアウト(LDO)レギュレータを1個内蔵しています。これは、バッテリー電圧から直接駆動されて2.6Vの内部電源を発生します。この2.6V電源は、ARM7 MCUと内蔵の高精度アナログ回路などのペリフェラルの電源電圧として使われます。

MCUの安全な動作とバッテリー電源の連続モニターのために、パワーオン・リセット(POR)機能、電源モニター(PSM)機能、低電圧フラグ(LVF)機能も内蔵されています。

すべてのバッテリー・ランプ・レートに対応し、さらにパワーオン・サイクルとパワーダウン・サイクルでフラッシュ/EEメモリを採用したMCUがフル機能で動作できるようにPOR回路はデザインされています。

図26に示すように、電源電圧(VDD)が3Vの最小動作電圧に到達すると、POR信号によりARMコアが20ms間リセット状態に維持されます。これにより、ARMコアと関連ペリフェラルへ供給されるレギュレーションされた電源電圧(REG_DVDD)が、フル機能を保証する最小動作電圧より確実に高くなることが保証されます。RSTSTA MMR内のPORフラグがセットされて、PORリセット・イベントが発生したことが表示されます。

また、ADuC7032-8Lは電源モニター(PSM)機能も内蔵しています。PSMをHVCFG0[3]を使ってイネーブルすると、VDDピンで電圧を連続的にモニターします。この電圧が6.0V(typ)を下回ると、PSMフラグが自動的にアサートされシステム割り込みが発生します(IRQ/FIQEN[16]を使って高電圧IRQがイネーブルされている場合)。この動作例を図26に示します。

PORレベルより低い電圧では、さらに低電圧フラグをイネーブルすることができます(HVCFG0[2])。このフラグを使うと、リセット・イベント後もSRAM値が有効であることを表示することができます。低電圧フラグの動作を図26に示します。イネーブルされると、このビット状態をHVMON[3]を使ってモニターすることができます。このビットがセットされている場合、SRAM値が有効であることを示しています。このビットがクリアされている場合は、SRAM値が壊れていることを表示しています。

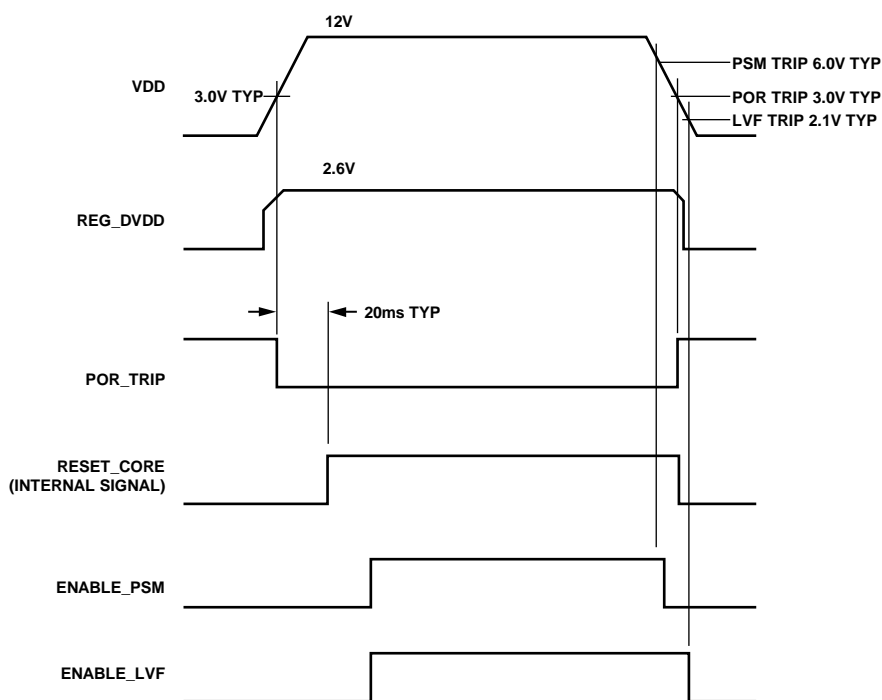


図 26. 代表的なパワーオン・サイクル

065986-026

ADuC7032-8Lのシステム・クロック

ADuC7032-8L は、内蔵の高精度発振器、内蔵の低消費電力発振器、または外付け時計水晶の 3 つのクロック・ソースから駆動できる非常に柔軟なクロック・システムを内蔵しています。これらの 3 つのオプションを図 27 に示します。

各内部発振器は 4 分周されて 32.768 kHz のクロック周波数を発生します。PLL は、内部発振器または外付け水晶から供給される 32.768 kHz の倍数(625)にロックして、システムに安定な 20.48 MHz のクロックを供給します。コアはこの周波数またはそのバイナリ分周で動作できるため、ピーク性能が不要の場合には省電力が可能です。

デフォルトでは、PLL は低消費電力発振器から駆動され、20.48 MHz のクロック・ソースを発生します。ARM7TDMI コアは、PLL 出力から CD で分周されたクロックで駆動されます。デフォ

ルトでは、CD 分周比が PLL 出力の 2 分周に設定されるため、10.24 MHz のコア・クロックが発生されます。分周比はバイナリ重みの分周比 1~128 となるように設定可能であるため、ユーザー・コードから動的に変更することができます。

ADC は PLL 出力を分周したクロックで駆動され、512 kHz の ADC クロック・ソースを発生します。低消費電力モードでは、ADC クロック・ソースが標準の 512 kHz から 131 kHz の低消費電力発振器へ切り替えられます。

低消費電力発振器駆動は 4 分周回路を経由してウォッチドッグとコア・ウェイクアップ・タイマーを駆動していることに注意してください。ADuC7032-8L クロック・システムの詳しいブロック図を図 27 に示します。

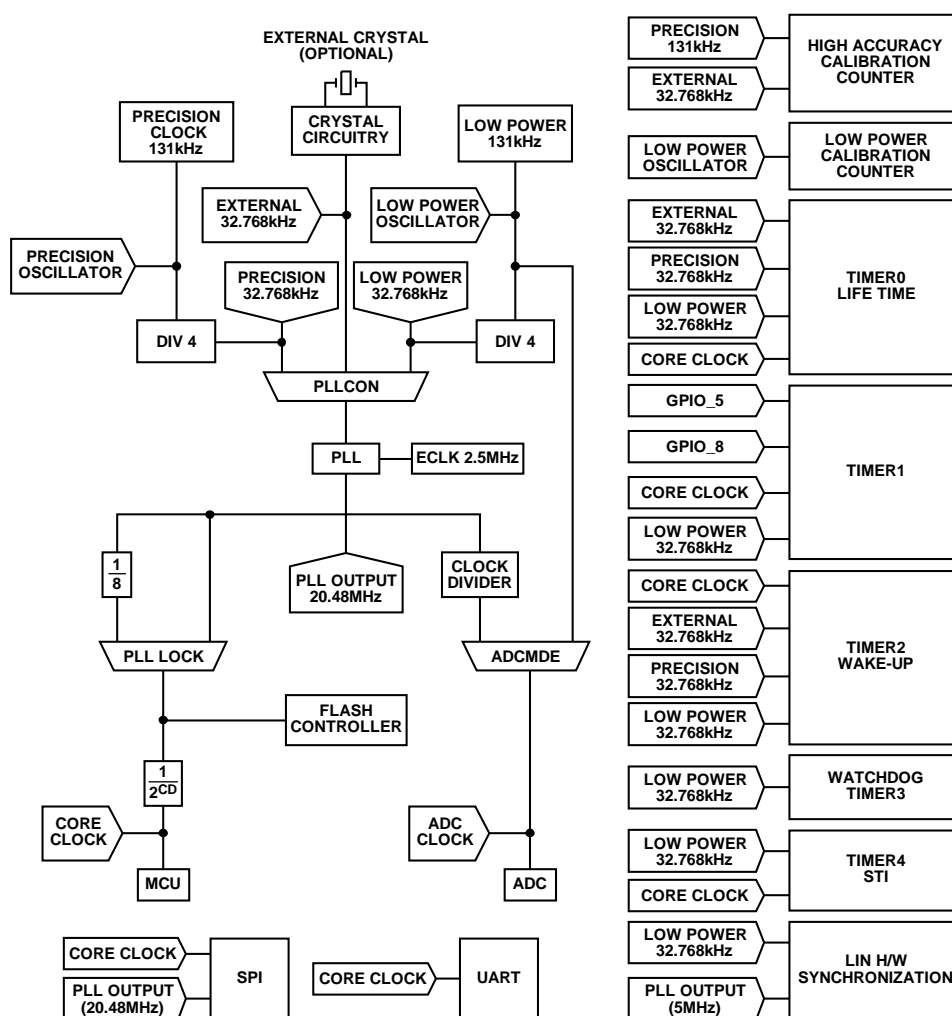


図 27. ADuC7032-8L のシステム・クロック生成

動作モード、クロック・モード、プログラマブルなクロック分周器は、PLLCON と POWCON の 2 つの MMR を使って制御され、PLL のステータスは PLLSTA で表示されます。PLLCON はクロック・システムの動作モードを制御し、POWCON はコア・クロック周波数とパワーダウン・モードを制御します。PLLSTA は、XTAL1 ピン上の発振器の存在、PLL ロック・ステータス、PLL 割り込みを表示します。

ADuC7032-8L をパワーダウンさせる前に、PLL クロック・ソースを 131 kHz の低消費電力発振器に切り替えてウェイクアップ時間を短くすることが推奨されます。低消費電力発振器は常にアクティブです。

ADuC7032-8L がパワーダウンからウェイクアップすると、PLL が発振を開始すると直ちに MCU コアはコードの実行を開始します。これは、PLL が周波数 20.48 MHz にロックする前に発生します。フラッシュ/EE メモリ・コントローラが有効なクロックを使って実行できるように、PLL がロックしている間は、コントローラは PLL 出力を 8 分周したクロック・ソースで駆動されます。

PLL がロックすると、PLL 出力は PLL 出力の 8 分周からロックされた PLL 出力へ切り替えられます。

POWCON MMR と PLLCON MMR への書き込み

POWCON MMR と PLLCON MMR への書き込み例を次に示します。

```
POWKEY0 = 0x01;      // POWCON KEY
POWCON  = 0x00;      // Full power-down
POWKEY1 = 0xF4;      // POWCON KEY
iA1 × iA2;           // dummy cycle to clear the pipe line, where iA1 and iA2 are defined as longs
// and are not 0

PLLKEY0 = 0xAA;      // PLLCON KEY
PLLCON  = 0x0;       // Switch to low power oscillator
PLLKEY1 = 0x55;      // PLLCON KEY
iA1 × iA2;           // dummy cycle to prevent Flash/EE access during clock change
```

PLLSTA レジスタ

名前: PLLSTA

アドレス: 0xFFFF0400

デフォルト値: 0x02

アクセス: 読み出し専用

機能: この 32 ビット・レジスタを使うと、ユーザー・コードから PLL のロック状態と外付け水晶のステータスをモニターすることができます。

表 45. PLLSTA MMR のビット説明

Bit	Description
31 to 3	Reserved. Should be written as 0s.
2	XTAL Clock, Read Only. This is a live representation of the current logic level on XTAL1. This allows the user to check if an external clock source is present. If present, this bit alternates high and low at a frequency of 32.768 kHz.
1	PLL Lock Status Bit, Read Only. Set when the PLL is locked and outputting 20.48 MHz. Clear when the PLL is not locked and outputting an F core/8 clock source.
0	PLL Interrupt. Set if the PLL lock status bit signal goes low. Cleared by writing 1 to this bit.

ユーザー・コードが正確な PLL 出力を必要とする場合は、ユーザー・コードはウェイクアップ後に通常のコード実行を開始する前に、ロック・ビット PLLSTA[1]をポーリングする必要があります。

PLL がウェイクアップ後にたとえば 131 kHz の低消費電力発振器のようなアクティブ・クロック・ソースから駆動され、ユーザー・コードを実行している場合、PLL は 2 ms 以内にロックします。

- PLLCON は、PLLKEY0 (書き込み前キー)と PLLKEY1 (書き込み後キー)の 2 つの 32 ビット・キーで保護される MMR です。
- PLLKEY0 = 0x000000AA
- PLLKEY1 = 0x00000055
- PLLCON は、PLLKEY0 (書き込み前キー)と PLLKEY1 (書き込み後キー)の 2 つの 32 ビット・キーで保護される MMR です。
- POWKEY0 = 0x00000001
- POWKEY1 = 0x000000F4

PLLCON プリライト・キー-PLLKEY0

名前: PLLKEY0

アドレス: 0xFFFF0410

アクセス: 書き込み専用

Key: 0x000000AA

機能: PLLCON は、PLLCON の前および後に 32 ビット・キー値を書き込む必要のあるキー・レジスタです。PLLKEY0 は書き込み前キーです。

PLLCON ポストライト・キー-PLLKEY1

名前: PLLKEY1

アドレス: 0xFFFF0418

アクセス: 書き込み専用

Key: 0x00000055

機能: PLLCON は、PLLCON の前および後に 32 ビット・キー値を書き込む必要のあるキー・レジスタです。PLLKEY1 は書き込み後キーです。

PLLCON レジスタ

名前: PLLCON

アドレス: 0xFFFF0414

デフォルト値: 0x00

アクセス: 読み書き可能

機能: この 8 ビット・レジスタを使うと、ユーザー・コードから、3 種類の発振器ソースから PLL ソース・クロックを動的に選択できます。

表 46.PLLCON MMR のビット説明

Bit	Description
31 to 3	Reserved. These bits should be written as 0 by user code.
2	Not Used. Must be written as 0 by user software.
1 to 0	PLL Clock Source. ¹ 00 = low power 131 kHz oscillator. 01 = precision 131 kHz oscillator. 10 = external 32.768 kHz crystal. 11 = reserved.

¹ユーザー・コードから MCU クロック・ソースを切り替えると、クロック・スイッチが PLLCON に書き込まれた後にダミー-MCU サイクルが挿入されます。

POWCON プリライト・キーPOWKEY0

名前: POWKEY0

アドレス: 0xFFFF0404

アクセス: 書き込み専用

Key: 0x00000001

機能: PLLCON は、PLLCON の前および後に 32 ビット・キー値を書き込む必要のあるキー・レジスタです。POWKEY0 は書き込み前キーです。

POWCON ポストライト・キーPOWKEY1

名前: POWKEY1

アドレス: 0xFFFF040C

アクセス: 書き込み専用

Key: 0x000000F4

機能: PLLCON は、PLLCON の前および後に 32 ビット・キー値を書き込む必要のあるキー・レジスタです。POWKEY1 は書き込み後キーです。

表 47. POWCON MMR のビット説明

Bit	Description
31 to 8	Reserved.
7	Precision 131 kHz Input Enable. Cleared by the user to power down the precision 131 kHz input enable. Set by the user to enable the precision 131 kHz input enable. The precision 131 kHz oscillator must also be enabled via HVCFG0[6]. Setting this bit increases current consumption by approximately 50 μ A and should be disabled when not in use.
6	XTAL Power-Down. Cleared by the user to power down the external crystal circuitry. Set by the user to enable the external crystal circuitry.
5	PLL Power-Down. ¹ This bit is cleared to 0 to power-down the PLL. The PLL cannot be powered down if either the core or peripherals are enabled. Bit 3, Bit 4, and Bit 5 must be cleared simultaneously. Set by default, and set by hardware on a wake-up event.
4	Peripherals Power-Down. ² Cleared to power-down the peripherals. The peripherals cannot be powered down if the core is enabled: Bit 3 and Bit 4 must be cleared simultaneously. LIN can still respond to wake-up events even if this bit is cleared. The wake-up timer (Timer2) can remain active if driven from a low power oscillator, even if this bit is cleared. Set by default, and/or by hardware, on a wake-up event.
3	Core Power-Down. ³ Cleared to power-down the ARM core. Set by default, and set by hardware on a wake-up event.
2 to 0	CD Core Clock Divider Bits. 000 = 20.48 MHz, 48.83 ns 001 = 10.24 MHz, 97.66 ns 010 = 5.12 MHz, 195.31 ns 011 = 2.56 MHz, 390.63 ns 100 = 1.28 MHz, 781.25 ns 101 = 640 kHz, 1.56 μ s 110 = 320 kHz, 3.125 μ s 111 = 160 kHz, 6.25 μ s

¹ タイマー・ペリフェラルは PLL 出力クロックから駆動される場合、パワーダウンします。アクティブなクロック・ソースから駆動されるタイマーは、ノーマル消費電力モードを維持します。

² このビットでパワーダウンされるペリフェラルは、SRAM、Flash/EE メモリ、GPIO インターフェース、SPI と UART のシリアル・ポートです。

³ ユーザー・コードから MCU をパワーダウンさせると、パワーダウン・コマンドが POWCON に書き込まれた後にダミーMCU サイクルが挿入されます。

POWCON レジスタ

名前: POWCON

アドレス: 0xFFFF0408

デフォルト値: 0x079

アクセス: 読み書き可能

機能: この 8 ビット・レジスタを使うと、ユーザー・コードから、種々の低消費電力モードを動的に開始させることができ、ARM7TDMI コアの速度を制御する CD 分周器を変更することができます。

ADuC7032-8L 低消費電力クロックのキャリブレーション

高精度の 131 kHz 発振器または外付け 32.768 kHz 時計水晶を使って、131 kHz の低消費電力発振器をキャリブレーションすることができます。この機能には、2 つの専用キャリブレーション・カウンタと発振器トリム・レジスタが使用されます。

1 つ目のカウンタは 9 ビット幅で、高精度発振器または外付け時計水晶からクロック駆動されます。2 つ目のカウンタは 10 ビット幅で、低消費電力発振器から直接 131 kHz で、または 4 分周された 32.768 kHz でクロック駆動されます。各キャリブレーション・カウンタのソースは同じ周波数である必要があります。トリム・レジスタ(OSC0TRM)は 8 ビット幅のレジスタで、下位 4 ビットはユーザーからアクセス可能なトリム・ビットです。OSC0TRM 値を大きくすると低消費電力発振器の周波数は低くなり、値を小さくすると周波数は高くなります。131 kHz の公称周波数に基づき、トリム範囲(typ)は 127 kHz~135 kHz です。

次の MMR を使って、クロック・キャリブレーション・モードを設定/制御します。

- OSC0CON: キャリブレーションの制御ビット。
- OSC0STA: キャリブレーション・ステータス・レジスタ。
- OSC0VAL0: 9 ビット・カウンタ、カウンタ 0。
- OSC0VAL1: 10 ビット・カウンタ、カウンタ 1。
- OSC0TRM: 発振器トリム・レジスタ。

キャリブレーション・ルーチンの例を図 28 に示します。ユーザー・コードから、OSC0CON を使ってキャリブレーション・シーケンスを設定し、イネーブルします。高精度発振器キャリブレーション・カウンタ(OSC0VAL0)が 0x1FF に到達すると、両カウンタがデイスエーブルされます。

ユーザー・コードから、低消費電力発振器キャリブレーション・カウンタの値を読み出します。次の 3 つの場合があります：

- OSC0VAL0 = OSC0VAL1: これ以上の動作は不要。
- OSC0VAL0 > OSC0VAL1: 低消費電力発振器は低速動作。OSC0TRM を減少させることが必要。
- OSC0VAL0 < OSC0VAL1: 低消費電力発振器は高速動作。OSC0TRM を増加させることが必要。

OSC0TRM を変更すると、ルーチンが再度実行され、新しい周波数がチェックされます。

内部の高精度 131 kHz 発振器を使うと、キャリブレーション・ルーチンの実行に約 4 ms を要します。外付け 32.768 kHz 水晶を使うと、この時間は 16 ms に増えます。

クロック・キャリブレーション・ルーチンを起動する前に、PLL クロック・ソースとして高精度 131 kHz 発振器または外付け 32.768 kHz 時計水晶に切り替える必要があります。これを行わないと、OSC0TRM が変更されるごとに、PLL はロックから外れます。これにより、低消費電力発振器のキャリブレーションに要する時間が長くなります。

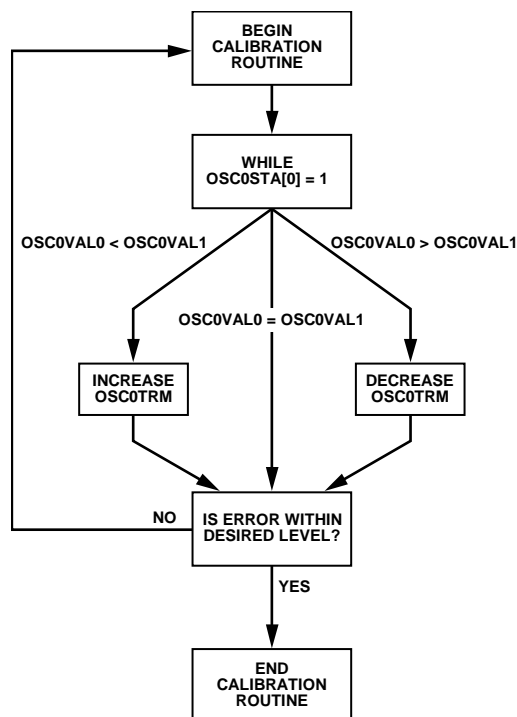


図 28. OSC0TRM キャリブレーション・ルーチンの例

06986-028

OSC0TRM レジスタ

名前: OSC0TRM

アドレス: 0xFFFF042C

デフォルト値: 0xX8

アクセス: 読み書き可能

機能: この 8 ビット・レジスタは、低消費電力発振器のトリムを制御します。

表 48.OSC0TRM MMR のビット説明

Bit	Description
7 to 4	Reserved. Should be written as 0s.
3 to 0	User Trim Bits.

OSC0CON レジスタ

名前: OSC0CON

アドレス: 0xFFFF0440

デフォルト値: 0x00

アクセス: 読み書き可能

機能: この 8 ビット・レジスタは、低消費電力発振器キャリブレーション・ルーチンを制御します。

表 49.OSC0CON MMR のビット説明

Bit	Description
7 to 5	Reserved. Should be written as 0s.
4	Calibration Source. Set to select external 32.768 kHz crystal. Cleared to select internal precision 131 kHz oscillator.
3	Calibration Reset. Set to reset the calibration counters and disable the calibration logic.
2	Set to clear OSCVAL1.
1	Set to clear OSCVAL0.
0	Calibration Enable. Set to begin calibration. Cleared to abort calibration.

OSC0STA レジスタ

名前: OSC0STA

アドレス: 0xFFFF0444

デフォルト値: 0x00

アクセス: 読み出し専用

機能: この 8 ビット・レジスタは、低消費電力発振器キャリブレーション・ルーチンのステータスを表示します。

表 50.OSC0STA MMR のビット説明

Bit	Description
31 to 4	Reserved.
3 to 2	Current State of Calibration. 00 = calibration idle, device disabled or completed. 01 = counter enable state. 10 = counting. 11 = finished, return to idle.
1	Calibration Enable. Set to begin calibration. Cleared to abort calibration.
0	Set if calibration is in progress. Cleared if calibration is complete.

OSC0VAL0 レジスタ

名前: OSC0VAL0

アドレス: 0xFFFF0448

デフォルト値: 0x0000

アクセス: 読み出し専用

機能: この 9 ビット・カウンタは、131 kHz の高精度発振器または 32.768 kHz の外付け水晶からクロック駆動されます。

OSC0VAL1 レジスタ

名前: OSC0VAL1

アドレス: 0xFFFF044C

デフォルト値: 0x0000

アクセス: 読み出し専用

機能: この 10 ビット・カウンタは、131 kHz の低消費電力発振器からクロック駆動されます。

プロセッサ参照ペリフェラル

割り込みシステム

ADuC7032-8L には 16 の割り込み原因があり、割り込みコントローラから制御されます。大部分の割り込みは、ADC や UART などの内蔵ペリフェラルから発生します。ARM7TDMI CPU コアは、通常の割り込み要求 (IRQ) と高速割り込み要求 (FIQ) の 2

表 51 に示す同じ割り込み原因を表しています。

割り込みサービス・ルーチン (ISR) に入ると直ぐ IRQSTA/FIQSTA を待避させて、すべての有効な割り込み原因をサービスできるようにする必要があります。

ARM7TDMI コアまでの割り込み発生ルートを図 29 に示します。

1 ms ごとにタイムアウトするように設定されたタイマー0 の例をとりあげます。最初の 1 ms タイムアウトの後、FIQSIG/IRQSIG[2] がセットされ、TOCLRI への書き込みによってのみクリアされません。

IRQEN または FIQEN でタイマー0 がイネーブルされない場合、FIQSTA/IRQSTA[2] はセットされないため、割り込みは発生しません。

タイプの割り込みのみを認識します。すべての割り込みは個別にマスクできます。

割り込みシステムの制御と設定は、9 個の割り込み関連レジスタを使って管理します。その内の 4 個は IRQ 専用、他の 4 個は FIQ 専用です。もう 1 個の MMR は、プログラム割り込み原因の選択に使われます。各 IRQ レジスタと各 FIQ レジスタのビットは、

IRQEN または FIQEN でタイマー0 がイネーブルされると、FIQSTA/IRQSTA[2] がセットされて、割り込み (FIQ または IRQ) が発生します。

CPSR 内の IRQ と FIQ の割り込みビット定義は、ARM コアによる割り込み認識のみを制御し、ペリフェラルによる認識は制御しないことに注意してください。たとえば、IRQEN を使って、IRQ を発生するようにタイマー2 を設定すると、CPSR 内の IRQ 割り込みビットがセットされ (ディスエーブルされ)、ADuC7032-8L がパワーダウンします。割り込みが発生すると、ペリフェラルはパワーアップしますが、ARM コアはパワーダウンを維持します。これは POWCON = 0x71 と同じことを意味します。ARM コアは、リセット・イベント (発生した場合) のみパワーアップすることができます。

表 51. IRQ/FIQ MMR のビット説明

Bit	Description	Comments
0	All interrupts OR'ed (FIQ only).	
1	SWI is not used in IRQEN/CLR and FIQEN/CLR.	
2	Timer0.	See the Timer0—Lifetime Timer section.
3	Timer1.	See the Timer1 section.
4	Timer2 or Wake-Up Timer.	See the Timer2—Wake-Up Timer section.
5	Timer3 or Watchdog Timer.	See the Timer3—Watchdog Timer section.
6	Reserved. Should be written as 0.	
7	LIN Hardware.	See the LIN (Local Interconnect Network) Interface section
8	Flash/EE Interrupt.	See the Flash/EE Control Interface section.
9	PLL Lock.	See the ADUC7032-8L System Clocks section.
10	ADC.	See the 16-Bit, Sigma-Delta Analog-to-Digital Converters section.
11	UART.	See the UART Serial Interface section.
12	SPI Master.	See the Serial Peripheral Interface section.
13	XIRQ0 (GPIO IRQ 0).	See the General-Purpose I/O section.
14	XIRQ1 (GPIO IRQ 1).	See the General-Purpose I/O section.
15	Reserved. Should be written as 0.	
16	IRQ3. High voltage IRQ.	High voltage interrupt; see the High Voltage Peripheral Control Interface section
17	SPI Slave.	
18	XIRQ4 (GPIO IRQ 4).	See the General-Purpose I/O section.
19	XIRQ5 (GPIO IRQ 5).	See the General-Purpose I/O section.

IRQ

IRQ は、プロセッサの IRQ モードを開始させる例外信号です。内部イベントと外部イベントの汎用割り込み処理のサービスに使用されます。

4 個の 32 ビット・レジスタが IRQ 専用 に 設けてあります。

IRQSIG

IRQSIG は、種々の IRQ 原因のステータスを表示します。ペリフェラルが IRQ 信号を発生すると、IRQSIG の対応するビットがセットされます。その他の場合はクリアされます。特定のペリフェラル内の割り込みがクリアされると、IRQSIG ビットがクリアされます。すべての IRQ 原因は、IRQEN MMR 内でマスクすることができます。IRQSIG ビットは、読み出し専用で割り込み原因のポーリングを行うときに使うことができます。

IRQEN

IRQEN は、現在のイネーブル・マスク値を提供します。ビットが 1 に設定されると、要求原因がイネーブルされて IRQ 例外が発生します。ビットが 0 に設定されると、対応する要求原因がディスエーブルされ(マスクされ)、IRQ 例外が発生しなくなります。

IRQCLR

IRQCLR は書き込み専用レジスタで、割り込み原因をマスクする IRQEN レジスタのクリアに使用します。1 に設定された各ビットが IRQEN レジスタ内の対応するビットをクリアし、残りのビットは変化しません。IRQEN と IRQCLR のレジスタ対により、自動リード・モデファイ・ライト命令を使用せずにイネーブル・マスクの独立な操作が可能になっています。

IRQSTA

IRQSTA は読み出し専用レジスタで、現在イネーブル中の IRQ 原因のステータス(IRQSIG ビットと IRQEN ビットの論理積)を表示します。1 に設定されると、その原因が ARM7TDMI コアへアクティブ IRQ 要求を発生します。優先順位エンコーダまたは割り込みベクタ生成はありません。この機能は、共通の割り込み処理ルーチン内でソフトウェアにより実現されます。32 ビットの論理和をとり、ARM7TDMI コアへの 1 本の IRQ 信号が発生されます。

FIQ

高速割り込み要求(FIQ)は、プロセッサの FIQ モードを開始させる例外信号です。この割り込みは、データ転送または通信チャンネルを小さいレイテンシでサービスします。FIQ インターフェースは IRQ インターフェースと同じで、第 2 レベルの割り込み(最高優先順位)を提供します。4 個の 32 ビット・レジスタ (FIQSIG、FIQEN、FIQCLR、FIQSTA)が設けてあります。

FIQSTA のビット 31~ビット 1 の論理和がとられてコアに対する FIQ 信号がつくられ、さらに FIQ レジスタおよび IRQ レジスタ(FIQ 原因)のビット 0 に対する FIQ 信号にも使われます。

FIQEN と FIQCLR のロジックは、IRQ マスクと FIQ マスクの両方で割り込み原因がイネーブルされるのを防止しています。FIQEN 内でビットが 1 に設定されると、IRQEN 内の同じビットがクリアされます。

IRQEN 内でビットが 1 に設定されると、FIQEN 内の同じビットがクリアされます。割り込み原因は、IRQEN マスクと FIQEN マスクの両方でディスエーブルすることができます。

プログラム割り込み

プログラム割り込みはマスク可能ではないため、別のレジスタ (SWICFG)を使って制御します。このレジスタは、IRQSTA レジスタと IRQSIG レジスタおよび/または FIQSTA レジスタと FIQSIG レジスタの両方に、同時に書き込みを行います。

ソフトウェア割り込み専用の 32 ビット・レジスタ SWICFG を表 52 に示します。この MMR を使うと、プログラム原因の割り込みを制御することができます。

表 52.SWICFG MMR のビット説明

Bit	Description
31 to 3	Reserved.
2	Programmed Interrupt FIQ. Setting/clearing this bit corresponds to setting/clearing Bit 1 of FIQSTA and FIQSIG.
1	Programmed Interrupt IRQ. Setting/clearing this bit corresponds to setting/clearing Bit 1 of IRQSTA and IRQSIG.
0	Reserved.

割り込みコントローラから検出されるため、さらに IRQSTA レジスタと FIQSTA レジスタでユーザーから検出されるため、すべての割り込み信号は、少なくとも最小割り込みレイテンシ時間アクティブである必要があります。

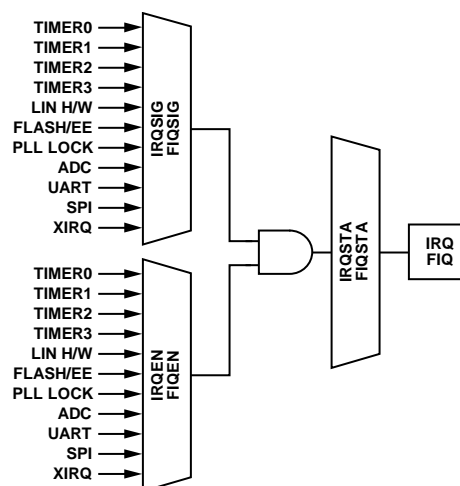


図 29.割り込みの構造

タイマー

ADuC7032-8L は次の 4 個の汎用タイマー/カウンタを内蔵しています。

- タイマー0、寿命時間タイマー
- タイマー1
- タイマー2、ウェイクアップ・タイマー
- タイマー3、ウォッチドッグ・タイマー

4 個のタイマーはノーマル動作モードでは、フリー・ランニングまたは周期動作を行います。

フリー・ランニング・モードでは、カウンタは最大/最小値からゼロ/フルスケールまでデクリメント/インクリメントし、最大/最小値で再度動作を開始します。

周期モードでは、カウンタはロード・レジスタ(TxLD MMR)の値からゼロ/フルスケールまでデクリメント/インクリメントし、ロード・レジスタに格納されている値で再度動作を開始します。

対応する値レジスタ(TxVAL)をアクセスすると、何時でもカウンタ値を読み出すことができます。対応するタイマーのコントロール・レジスタ(TxCON)に書き込みを行うと、タイマーが起動されます。

ノーマル・モードでは、カウンタ値がゼロ(カウントダウンの場合)になるごとに、IRQ が発生します。ノーマル・モードでは、カウンタ値がフル・スケール(カウントアップの場合)になるごとに、IRQ が発生します。IRQ をクリアするときは、そのタイマーのクリア・レジスタ(TxCLRI)に任意の値を書き込みます。

表 53. タイマーのイベント・キャプチャ

Bit	Description	Comments
0	Timer0.	See the Timer0—Lifetime Timer section.
1	Timer1.	See the Timer1 section.
2	Timer2 or Wake-Up Timer.	See the Timer2—Wake-Up Timer section.
3	Timer3 or Watchdog Timer.	See the Timer3—Watchdog Timer section.
4	Reserved.	Should be written as 0.
5	LIN Hardware.	See the LIN (Local Interconnect Network) Interface section.
6	Flash/EE Interrupt.	See the Flash/EE Control Interface section.
7	PLL Lock.	See the ADUC7032-8L System Clocks section.
8	ADC.	See the 16-Bit, Sigma-Delta Analog-to-Digital Converters section.
9	UART.	See the UART Serial Interface section.
10	SPI Master.	See the Serial Peripheral Interface section.
11	XIRQ0 (GPIO IRQ 0).	See the General-Purpose I/O section.
12	XIRQ1 (GPIO IRQ 1).	See the General-Purpose I/O section.
13	Reserved.	Should be written as 0.
14	IRQ3 High Voltage IRQ.	See the High Voltage Peripheral Control Interface section.
15	SPI Slave.	
16	XIRQ4 (GPIO IRQ 4).	See the General-Purpose I/O section.
17	XIRQ5 (GPIO IRQ 5).	See the General-Purpose I/O section.

<0>

タイマー0—寿命タイマー

タイマー0 はプログラマブルなプリスケアラが付いた、汎用の 48 ビット・カウントアップ・タイマー、または 16 ビット・カウントアップ/ダウン・タイマーです。タイマー0 はコア・クロック、32.768 kHz の低消費電力発振器、または 32.768 kHz の高精度発振器からクロック駆動することができ、1、16、256、または 32,768 分周のプリスケアラが付いています。コアが 20.48 MHz で動作し、プリスケアラが 1 のとき、最小分解能は 48.83 ns になります。

48 ビット・モードでは、タイマー0 はゼロからカウントアップします。カウンタの現在値は、TOVAL0 と TOVAL1 から読み出すことができます。

16 ビット・モードでは、タイマー0 はカウントアップまたはカウントダウンすることができます。16 ビット値を TOLD に書き込んで、カウンタにロードすることができます。カウンタの現在値は、TOVAL0 から読み出すことができます。タイマ 0 キャプチャレジスタ(TOCAP)は、選択した IRQ 原因からトリガーすることができます。トリガーされると、タイマーの現在値が TOCAP にコピーされ、タイマーは動作を続けます。この機能を使うと、割り込みサービスの場合だけより高い精度で、イベントの開始をとらえることができます。

タイマー0 は、タイマー0 がオーバーフローしたとき、または TOCLR1 が直接書き込まれたとき、TOLD から値を再ロードします。

タイマー0 のインターフェースは次の 6 個の MMR から構成されています。

- TOLD は 16 ビット・レジスタで、カウンタにロードされる 16 ビット値を格納します。16 ビット・モードでのみ使用できます。
- TOCAP は、イネーブルされた IRQ イベントによりキャプチャされた 16 ビット値を格納する 16 ビット・レジスタです。16 ビット・モードでのみ使用できます。
- TOVAL0/TOVAL1 は 16 ビットおよび 32 ビット・レジスタであり、それぞれ下位 16 ビット(LSB)と上位 32 ビット(MSB)を格納します。TOVAL0 と TOVAL1 は読み出し専用です。16 ビット・モードでは、16 ビットの TOVAL0 が使用されます。48 ビット・モードでは、16 ビットの TOVAL0 と 32 ビットの TOVAL1 が使用されます。
- TOCLR1 は 8 ビット・レジスタです。このレジスタに任意の値を書き込むと、割り込みがクリアされます。16 ビット・モードでのみ使用できます。
- TOCON は設定 MMR であり、表 54 に示します。

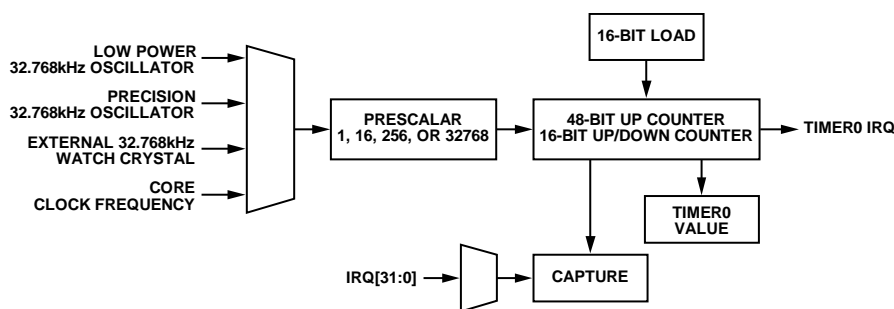


図 30.タイマー0 のブロック図

053946-020

タイマー0 値レジスタ

名前: TOVAL0/TOVAL1

アドレス: 0xFFFFF0304、0xFFFFF0308

デフォルト値: 0x0000、0x00000000

アクセス: 読み出し専用

機能: TOVAL0/TOVAL1 は 16 ビットおよび 32 ビット・レジスタであり、それぞれ下位 16 ビット(LSB)と上位 32 ビット(MSB)を格納します。TOVAL0 と TOVAL1 は読み出し専用です。16 ビット・モードでは、16 ビットの TOVAL0 が使用されます。48 ビット・モードでは、16 ビットの TOVAL0 と 32 ビットの TOVAL1 が使用されます。

タイマー0 キャプチャ・レジスタ

名前: TOCAP

アドレス: 0xFFFFF0314

デフォルト値: 0x0000

アクセス: 読み書き可能

機能: この 16 ビット・レジスタは、イネーブルされた IRQ イベントによってキャプチャされた 16 ビット値を格納します。16 ビット・モードでのみ使用できます。

タイマー0 コントロール・レジスタ

名前: TOCON

アドレス: 0xFFFFF030C

デフォルト値: 0x00000000

アクセス: 読み書き可能

機能: この 32 ビット MMR は、タイマー0 の動作モードを設定します。

タイマー0 ロード・レジスタ

名前: TOLD

アドレス: 0xFFFFF0300

デフォルト値: 0x0000

アクセス: 書き込み専用

機能: この 16 ビット・レジスタはカウンタにロードされる 16 ビット値を格納します。16 ビット・モードでのみ使用できます。

タイマー0 クリア・レジスタ

名前: TOCLR1

アドレス: 0xFFFFF0310

アクセス: 書き込み専用

機能: タイマー0 をリフレッシュ(再ロード)するとき、ユーザー・コードからこの 8 ビットの書き込み専用 MMR に任意の値を書き込みます。

表 54.TOCON MMR のビット説明

Bit	Description
31 to 18	Reserved. This bit is reserved and should be written as 0 by user code.
17	Event Select Bit. Set by the user to enable time capture of an event. Cleared by the user to disable time capture of an event.
16 to 12	Event Select Range, 0 to 31. The events are described in . 表 53
11	Reserved. This bit is reserved and should be written as 0 by user code.
10 to 9	Clock Select. 00 = core clock (default). 01 = low power 32.768 kHz oscillator. 10 = external 32.768 kHz watch crystal. 11 = precision 32.768 kHz oscillator.
8	Count Up. Available only in 16-bit mode. Set by user for Timer0 to count up. Cleared by user for Timer0 to count down (default).
7	Timer0 Enable Bit. Set by user to enable Timer0. Cleared by user to disable Timer0 (default).
6	Timer0 Mode. Set by user to operate in periodic mode. Cleared by user to operate in free running mode (default).
5	Reserved. This bit is reserved and should be written as 0 by user code.
4	Timer0 Mode of Operation. 0 = 16-bit operation (default). 1 = 48-bit operation.
3 to 0	Prescaler. 0000 = source clock/1 (default). 0100 = source clock/16. 1000 = source clock/256. 1111 = source clock/32,768.

タイマー1

タイマー1はプログラマブルなプリスケアラ付きの32ビット汎用タイマー(カウントダウンまたはカウントアップ)です。プリスケアラは、32.768 kHzの低消費電力発振器、または外部GPIO(2本)から駆動することができます。このソースには1、16、256、32.768分周が可能です。コアが20.48 MHzで動作し、プリスケアラが1のとき(外部GPIOは無視)、最小分解能はCDゼロ動作時48.83 nsになります。

カウンタのフォーマットとしては、標準32ビット値またはhours: minutes: seconds: hundredthsを選択することができます。

タイマー1キャプチャ・レジスタ(TICAP)は、選択したIRQ原因からトリガーすることができます。トリガーされると、タイマーの現在値がTICAPにコピーされ、タイマーは動作を続けます。この機能を使うと、高い精度で、イベントの開始をとらえることができます。

タイマー1のインターフェースは次の5個のMMRから構成されています。

- TILD、TIVAL、TICAPは32ビット・レジスタで、32ビット符号なし整数を格納します。TIVALとTICAPは読み出し専用です。
- TICLRIは8ビット・レジスタです。このレジスタに任意の値を書き込むと、割り込みがクリアされます。
 - TICONは設定MMRであり、表55に説明します。

タイマー1はポストスケアラを持っています。これを使うとタイマー1がタイムアウトする回数を1~256でカウントすることができます。ポストプリスケアラをアクティブにするときは、ビット23をセットし、所望のカウント値をTICONのビット24~ビット31に書き込みます。タイムアウト回数に到達すると、タイマー1はTICON[18]がセットされている場合割り込みを発生します。

デバイスが低消費電力モードにあり、かつタイマー1がGPIOまたは低消費電力発振器ソースからクロック駆動される場合、タイマー1は動作を続けることに注意してください。

タイマー1は、タイマー1がオーバーフローしたとき、またはTICLRIが直接書き込まれたとき、TILDからの値を再ロードします。

タイマー1ロード・レジスタ

名前: TILD

アドレス: 0xFFFF0320

デフォルト値: 0x00000

アクセス: 書き込み専用

機能: この32ビット・レジスタはカウンタにロードされる32ビット値を格納します。

タイマー1クリア・レジスタ

名前: TICLRI

アドレス: 0xFFFF032C

アクセス: 書き込み専用

機能: ユーザー・コードから割り込みをクリアするとき、この32ビット書き込み専用MMRに任意の値を書き込みます。

タイマー1値レジスタ

名前: TIVAL

アドレス: 0xFFFF0324

デフォルト値: 0xFFFFFFFF

アクセス: 読み出し専用

機能: この32ビット・レジスタは、タイマー1の現在値を格納します。

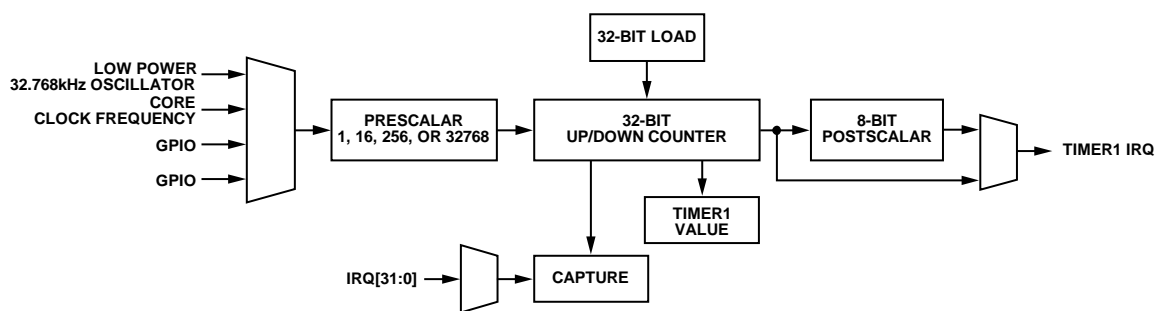


図 31.タイマー1のブロック図

05986-031

タイマー1 キャプチャ・レジスタ

名前: T1CAP

アドレス: 0xFFFFF0330

デフォルト値: 0x00000000

アクセス: 読み書き可能

機能: この 32 ビット・レジスタは、イネーブルされた IRQ イベントによってキャプチャされた 32 ビット値を格納します。

タイマー1 コントロール・レジスタ

名前: T1CON

アドレス: 0xFFFFF0328

デフォルト値: 0x01000000

アクセス: 読み書き可能

機能: この 32 ビット MMR は、タイマー1 の動作モードを設定します。

表 55.T1CON MMR のビット説明

Bit	Description
31 to 24	Timer1 8-Bit Postscalar. By writing to these 8 bits, a value is loaded into the postscalar. Writing 0 to these bits is interpreted as a 1. By reading these 8 bits, the current value of the counter is loaded.
23	Timer1 Enable Postscalar. Set to enable Timer1 postscalar. If enabled, an interrupt is generated after T1CON[31: 24] periods, as defined by T1LD. Cleared to disable Timer1 postscalar.
22 to 20	Reserved. This bit is reserved and should be written as 0 by user code.
19	Postscalar Compare Flag. Set if the number of Timer1 overflows is equal to the number written to the postscalar.
18	Timer1 Interrupt Source. Set to select interrupt generation from postscalar counter. Cleared to select interrupt generation direct from Timer1.
17	Event Select Bit. Set by user to enable time capture of an event. Cleared by user to disable time capture of an event.
16 to 12	Event Select Range, 0 to 31. The events are described in . 表 53
11 to 9	Clock Select. 000 = core clock (default). 001 = low power 32.768 kHz oscillator. 010 = GPIO_8. 011 = GPIO_5.
8	Count Up. Set by user for Timer1 to count up. Cleared by user for Timer1 to count down (default).
7	Timer1 Enable Bit. Set by user to enable Timer1. Cleared by user to disable Timer1 (default).
6	Timer1 Mode. Set by user to operate in periodic mode. Cleared by user to operate in free-running mode (default).
5 to 4	Format. 00 = binary (default). 01 = reserved. 10 = hours: minutes: seconds: hundredths—23 hours to 0 hour. 11 = hours: minutes: seconds: hundredths—255 hours to 0 hour.
3 to 0	Prescalar. 0000 = source clock/1 (default). 0100 = source clock/16. 1000 = source clock/256. 1111 = source clock/32,768.

タイマー2、ウェイクアップ・タイマー

タイマー2 はプログラマブルなプリスケアラ付きの 32 ビットのウェイクアップ・タイマー(カウントダウンまたはカウントアップ)です。プリスケアラは、コア・クロック(デフォルト選択)、32.768 kHz の低消費電力発振器、32.768 kHz の外付け時計水晶、32.768 kHz の高精度発振器の 4 つのクロック・ソースの内の 1 つから直接クロック駆動されます。選択されたクロック・ソースは 1、16、256 または 32,768 分周することができます。コア・クロックがディセーブルされている場合には、ウェイクアップ・タイマーは動作を続けます。コアが 20.48 MHz で動作し、プリスケアラが 1 のとき、最小分解能は CD ゼロ動作時 48.83 ns になります。タイマー2 割り込みが IRQEN[4]によりイネーブルされている場合に、タイマーの現在値のキャプチャがイネーブルされます。

カウンタのフォーマットとしては、標準 32 ビット値または hours: minutes: seconds: hundredths を選択することができます。

タイマー2 は、タイマー2 がオーバーフローしたとき、または T2CLRI が直接書き込まれたとき、T2LD から値を再ロードします。

タイマー2 のインターフェースは次の 4 個の MMR から構成されています。

- T2LD と T2VAL: 32 ビット・レジスタで、32 ビット符号なし整数を格納します。T2VAL は読出し専用です。
- T2CLRI は 8 ビット・レジスタです。このレジスタに任意の値を書き込むと、タイマー2 割り込みがクリアされます。
- T2CON は設定 MMR であり、表 56 に示します。

タイマー2 ロード・レジスタ

名前: T2LD

アドレス: 0xFFFFF0340

デフォルト値: 0x00000000

アクセス: 読み書き可能

機能: この 32 ビット・レジスタはカウンタにロードされる 32 ビット値を格納します。

タイマー2 クリア・レジスタ

名前: T2CLRI

アドレス: 0xFFFFF034C

アクセス: 書き込み専用

機能: ユーザー・コードから割り込みをクリアするとき、この 8 ビット書き込み専用 MMR に任意の値を書き込みます。

タイマー2 値レジスタ

名前: T2VAL

アドレス: 0xFFFFF0344

デフォルト値: 0xFFFFFFFF

アクセス: 読み出し専用

機能: この 32 ビット・レジスタは、タイマー2 の現在値を格納します。

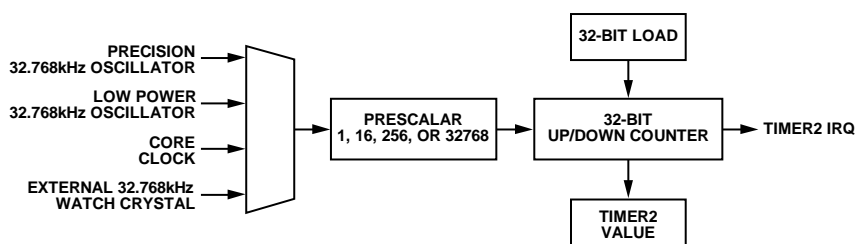


図 32.タイマー2 のブロック図

06986-032

タイマー2 コントロール・レジスタ

名前: T2CON

アドレス: 0xFFFF0348

デフォルト値: 0x0000

アクセス: 読み書き可能

機能: この 32 ビット MMR は、タイマー2 の動作モードを設定します。

表 56.T2CON MMR のビット説明

Bit	Description
31 to 11	Reserved.
10 to 9	Clock Source Select. 00 = core clock (default). 01 = low power 32.768 kHz oscillator. 10 = external 32.768 kHz watch crystal. 11 = precision 32.768 kHz oscillator.
8	Count Up. Set by user for Timer2 to count up. Cleared by user for Timer2 to count down (default).
7	Timer2 Enable Bit. Set by user to enable Timer2. Cleared by user to disable Timer2 (default).
6	Timer2 Mode. Set by user to operate in periodic mode. Cleared by user to operate in free running mode (default).
5 to 4	Format. 00 = binary (default). 01 = reserved. 10 = hours: minutes: seconds: hundredths—23 hours to 0 hour. 11 = hours: minutes: seconds: hundredths—255 hours to 0 hour.
3 to 0	Prescaler. 0000 = source clock/1 (default). 0100 = source clock/16. 1000 = source clock/256 (should be used in conjunction with Timer2 Format 10 and Timer2 Format 11). 1111 = source clock/32,768.

タイマー3、ウォッチドッグ・タイマー

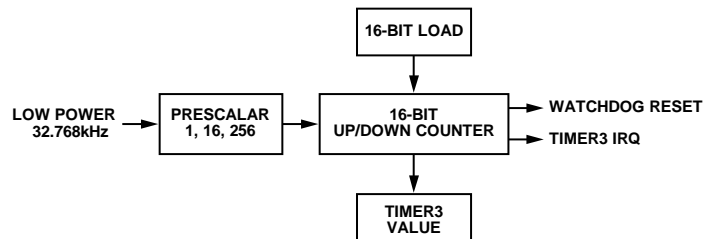


図 33.タイマー3のブロック図

タイマー3には、ノーマル・モードとウォッチドッグ・モードの2つの動作モードがあります。ウォッチドッグ・タイマーは、違法ソフトウェア状態から復帰する際に使います。イネーブルされると、プロセッサがリセットされるのを防止するために周期的なサービスを要求します。

タイマー3は、タイマー3がオーバーフローしたとき、またはT3CLRIが直接書き込まれたとき、T3LDからの値を再ロードします。

ノーマル動作モード

ノーマル・モードのタイマー3は16ビット動作モードのタイマー0と同じですが、クロック・ソースが異なります。クロック・ソースは、32.768 kHzの低消費電力発振器を1、16、または256分周したものです。タイマー2割り込みがIRQEN[5]によりイネーブルされている場合に、タイマー3はタイマーの現在値をキャプチャするキャプチャ機能も持ちます。

ウォッチドッグ・モード

ウォッチドッグ・モードは、T3CON[5]をセットすると開始されます。タイマー3は、T3LDレジスタで指定されるタイムアウト値からゼロになるまでデクリメントします。最大タイムアウトは、256分周の最大プリスケラとT3LDのフルスケール値を使ったとき512 secです。

ユーザー・ソフトウェアからは、30 msより短いタイムアウト周期を設定できません。これにより、ページ消去1サイクルに20 msを要するフラッシュ/EEメモリ・ページ消去サイクルとの競合を回避します。

T3VALが0に到達すると、T3CON[1]に応じてリセットまたは割り込みが発生します。リセットまたは割り込みイベントを防止するため、T3VALがゼロに到達する前に、任意の値をT3CLRIに書き込む必要があります。これにより、カウンタにT3LD値が再ロードされて、新しいタイムアウト周期が開始されます。

ウォッチドッグ・モードになると、T3LDとT3CONへの書き込みが禁止されます。これらの2つのレジスタは、パワーオン・リセット・イベントにより、ウォッチドッグ・タイマーがリセットされるまで、変更することはできません。

タイマー3はJTAGデバッグ・アクセス時自動的に停止し、JTAGがARM7コアの制御を放棄したときにのみ、カウントを開始します。デフォルトでは、パワーダウン時にタイマー3はカウントを続けます。この機能は、T3CONのビット0をセットしてディスエーブルすることができます。

デフォルト値の使用、すなわちウォッチドッグ・タイマーはパワーダウン時もカウントを続けることが推奨されます。

タイマー3 インターフェース

タイマー3のインターフェースは次の4個のMMRから構成されています。

- T3CONは設定MMRであり、表57に説明します。
- T3LDとT3VALは16ビット・レジスタ(ビット0～ビット15)で、16ビット符号なし整数を格納します。T3VALは読出し専用です。
- T3CLRIは8ビット・レジスタです。このレジスタに任意の値を書き込むと、ノーマル・モードではタイマー3割り込みがクリアされ、ウォッチドッグ・モードでは新しいタイムアウト周期が再設定されます。

タイマー3 ロード・レジスタ

名前: T3LD

アドレス: 0xFFFFF0360

デフォルト値: 0x0040

アクセス: 読み書き可能

機能: この16ビットMMRは、タイマー3の再ロード値を格納します。

タイマー3 値レジスタ

名前: T3VAL

アドレス: 0xFFFFF0364

デフォルト値: 0x0040

アクセス: 読み出し専用

機能: この16ビット読み出し専用MMRは、現在のタイマー3カウント値を格納します。

タイマー3 クリア・レジスタ

名前: T3CLRI

アドレス: 0xFFFFF036C

アクセス: 書き込み専用

機能: この8ビット書き込み専用MMRには、ウォッチドッグ・モードでウォッチドッグ・タイマーのリセット・イベントを防止するために、タイマー3をリフレッシュ(再ロード)するときに、ユーザー・コードから任意の値が書き込まれます。このレジスタには特別な値(多項式を使ってユーザー・コードが生成)を書き込んで、ウォッチドッグ・タイマーをリフレッシュして、ウォッチドッグ・リセットを防止する必要があります。ノーマル・モードで、このレジスタに任意の値を書き込むと、割り込みがクリアされます。

タイマー3 コントロール・レジスタ

名前: T3CON

アドレス: 0xFFFF0368

デフォルト値: 0x0000

アクセス: 読み書き可能 once only

機能: この 16 ビット MMR は、タイマー3 の動作モードを、表 57 に示すように設定します。

表 57.T3CON MMR のビット説明

Bit	Description
15 to 9	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
8	Count Up/Count Down Enable. Set by user code to configure Timer3 to count up. Cleared by user code to configure Timer3 to count down.
7	Timer3 Enable. Set by user code to enable Timer3. Cleared by user code to disable Timer3.
6	Timer3 Operating Mode. Set by user code to configure Timer3 to operate in periodic mode. Cleared by user to configure Timer3 to operate in free-running mode.
5	Watchdog Timer Mode Enable. Set by user code to enable watchdog mode. Cleared by user code to disable watchdog mode.
4	Reserved. This bit is reserved and should be written as 0 by user code.
3 to 2	Timer3 Clock (32.768 kHz) Prescaler. 00 = source clock/1 (default). 01 = source clock/16. 10 = source clock/256. 11 = reserved.
1	Watchdog Timer IRQ Enable. Set by user code to produce an IRQ instead of a reset when the watchdog reaches 0. Cleared by user code to disable the IRQ option.
0	PD_OFF. Set by user code to stop Timer3 when the peripherals are powered down via Bit 4 in the POWCON MMR. Cleared by user code to enable Timer3 when the peripherals are powered down via Bit 4 in the POWCON MMR.

汎用I/O

ADuC7032-8Lは9本の汎用双方向入力/出力(GPIO)ピンを持っています。一般に、大部分のGPIOピンはユーザー・コードから設定できる複数の機能を持っています。デフォルトでは、GPIOピンはGPIOモードに設定されています。すべてのGPIOピンには、0.8 mAのシンク能力と0.1 mAのソース能力を持つ内部プルアップ抵抗が付いています。

9本のGPIOは、ポート0、ポート1、ポート2からなる3つのポートにグループ化されています。ポート0は5ビット幅です。ポート1とポート2は2ビット幅です。各ポート内のGPIO配置を表58に示します。

代表的なGPIO構造は図34に示します。

外部割り込みは、GPIO_0、GPIO_5、GPIO_7、GPIO_8に入力されます。これらの割り込みはレベル検出でアクティブ・ハイです。これらの割り込みはラッチされないため、IRQSTAまたはFIQSTAが調べられるまで割り込み原因を維持しておく必要があります。

割り込み原因が認識されるためには、少なくともコア・クロックの1CD分周だけアクティブである必要があります。

すべてのポート・ピンは、4ポートに固有のMMRの次の4セット(各ポートに1セット)により設定/制御されます。

- GPxCON: ポート x コントロール・レジスタ
- GPxDAT: ポート x 設定/データ・レジスタ
- GPxSET: ポート x データのセット
- GPxCLR: ポート x データのクリア

ここで、xはポート番号(0、1、2)。

ノーマル動作では、ユーザー・コードから、これらの汎用レジスタを使って、外部GPIOピンの機能と状態を制御することができます。すべてのGPIOピンは、パワーダウン・モード(POWCON)で外部レベル(ハイ・レベルまたはロー・レベル)を維持します。

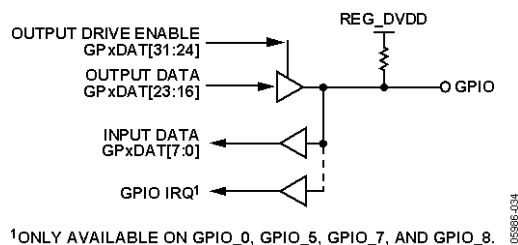


図 34.ADuC7032-8L の GPIO

表 58.外部 GPIO ピンと内部ポート信号の割り当て

Port	GPIO Pin	Port Signal	Functionality (Defined by GPxCON)
Port0	GPIO_0	P0.0	General-Purpose I/O.
		IRQ0	External Interrupt Request 0.
		\overline{SS}	Slave Select I/O for SPI.
	GPIO_1	P0.1 SCLK	General-Purpose I/O. Serial Clock I/O for SPI.
	GPIO_2	P0.2 MISO	General-Purpose I/O. Master Input, Slave Output for SPI.
GPIO_3	P0.3 MOSI	General-Purpose I/O. Master Output, Slave Input for SPI.	
Port1	GPIO_4	P0.4	General-Purpose I/O.
		ECLK	2.56 MHz Clock Output.
	P0.5 ¹	High Voltage Serial Interface.	
	P0.6	High Voltage Serial Interface.	
	GPIO_5	P1.0	General-Purpose I/O.
IRQ1 RxD		External Interrupt Request 1. Pin for UART.	
GPIO_6	P1.1 TxD	General-Purpose I/O. Pin for UART.	
Port2	GPIO_7	P2.0	General-Purpose I/O.
		IRQ4 LIN Output Pin	External Interrupt Request 4. Used to read directly from LIN pin for conformance testing.
	GPIO_8	P2.1	General-Purpose I/O.
		IRQ5 LIN High Voltage Input Pin	External Interrupt Request 5. Used to directly drive LIN pin for conformance testing.
	GPIO_11 ²	P2.4 LINRX	General-Purpose I/O. LIN Input Signal.
GPIO_12	P2.5 LINTX	General-Purpose I/O. LIN Output Signal.	
GPIO_13	P2.6	Reserved.	

¹ これらの信号は内部専用信号であるため外部ピンには出力されません。これらのピンは HVCON と組み合わせて、高電圧インターフェース回路に対する 2 線式インターフェースとして使用されます。

² これらの信号/信号は内部専用信号であるため外部ピンには出力されません。両信号は、外部ピン診断書き込み機能 (GPIO_12) とリードバック機能 (GPIO_11) を提供するとき使用されます。

GPIO ポート 0 コントロール・レジスタ

名前: GP0CON

アドレス: 0xFFFF0D00

デフォルト値: 0x11100000

アクセス: 読み書き可能

機能: この 32 ビット MMR は、各ポート 0 ピンのピン機能を選択します。

表 59.GP0CON MMR のビット説明

Bit	Description
31 to 29	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
28	Reserved. This bit is reserved and should be written as 1 by user code.
27 to 25	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
24	Internal P0.6 Enable Bit. This bit must be set to 1 by user software to enable the high voltage serial interface before using the HVCON and HVDAT registered high voltage interface.
23 to 21	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
20	Internal P0.5 Enable Bit. This bit must be set to 1 by user software to enable the high voltage serial interface before using the HVCON and HVDAT registered high voltage interface.
19 to 17	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
16	GPIO_4 Function Select Bit. Cleared to 0 by user code to configure the GPIO_4 pin as a general-purpose I/O (GPIO) pin. Set to 1 by user code to configure the GPIO_4 pin as ECLK, enabling a 2.56 MHz clock output on this pin.
15 to 13	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
12	GPIO_3 Function Select Bit. Cleared to 0 by user code to configure the GPIO_3 pin as a general-purpose I/O (GPIO) pin. Set to 1 by user code to configure the GPIO_2 pin as MOSI (master output, slave input) data for the SPI port.
11 to 9	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
8	GPIO_2 Function Select Bit. Cleared to 0 by user code to configure the GPIO_2 pin as a general-purpose I/O (GPIO) pin. Set to 1 by user code to configure the GPIO_3 pin as MISO (master input, slave output) data for the SPI port.
7 to 5	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
4	GPIO_1 Function Select Bit. Cleared to 0 by user code to configure the GPIO_1 pin as a general-purpose I/O (GPIO) pin. Set to 1 by user code to configure the GPIO_1 pin as SCLK, serial clock I/O for the SPI port.
3 to 1	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
0	GPIO_0 Function Select Bit. Cleared to 0 by user code to configure the GPIO_0 pin as a general-purpose I/O (GPIO) pin. Set to 1 by user code to configure the GPIO_0 pin as an SS (slave select) I/O for the SPI port.

GPIO ポート 1 コントロール・レジスタ

名前: GP1CON

アドレス: 0xFFFF0D04

デフォルト値: 0x10000000

アクセス: 読み書き可能

機能: この 32 ビット MMR は、各ポート 1 ピンのピン機能を選択します。

表 60.GP1CON MMR のビット説明

Bit	Description
31 to 5	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
4	GPIO_6 Function Select Bit. Cleared to 0 by user code to configure the GPIO_6 pin as a general-purpose I/O (GPIO) pin. Set to 1 by user code to configure the GPIO_6 pin as TxD, transmit data for UART serial port.
3 to 1	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
0	GPIO_5 Function Select Bit. Cleared to 0 by user code to configure the GPIO_5 pin as a general-purpose I/O (GPIO) pin. Set to 1 by user code to configure the GPIO_5 pin as RxD, receive data for UART serial port.

GPIO ポート 2 コントロール・レジスタ

名前: GP2CON

アドレス: 0xFFFF0D08

デフォルト値: 0x01000000

アクセス: 読み書き可能

機能: この 32 ビット MMR は、各ポート 2 ピンのピン機能を選択します。

表 61.GP2CON MMR のビット説明

Bit	Description
31 to 21	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
20	GPIO_12 Function Select Bit. Cleared to 0 by user code to route the LIN transmit data to an internal general-purpose I/O (GPIO_12) pad that can then be written via the GP2DAT MMR. Set to 1 by user code to route the UART TxD (transmit data) to the LIN data pin. This configuration is used in LIN mode.
19 to 17	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
16	GPIO_11 Function Select Bit. Cleared to 0 by user code to internally disable the LIN input data path. In this configuration, GPIO_11 is used to support diagnostic readback on all external high voltage I/O pins (see HVCFG1[2:0]). Set to 1 by user code to route input data from the LIN interface to both the LIN hardware timing/synchronization logic and to the UART RxD (receive data). This mode must be configured by user code when using LIN.
15 to 5	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
4	GPIO_8 Function Select Bit. Cleared to 0 by user code to internally disable the LIN input data path. In this configuration, GPIO_11 is used to support diagnostic readback on all external high voltage I/O pins (see HVCFG1[2:0]). Set to 1 by user code to route input data from the LIN interface to both the LIN hardware timing/synchronization logic and the UART RxD (receive data). This mode must be configured by user code when using LIN.
3 to 1	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
0	GPIO_7 Function Select Bit. Cleared to 0 by user code to configure the GPIO_7 pin as a general-purpose I/O (GPIO) pin. Set to 1 by user code to route data driven into the GPIO_7 pin through the on-chip LIN transceiver to be output at the LIN pin. This mode can be used to drive the LIN transceiver interface as a standalone component without any interaction from MCU or UART.

GPIO ポート 0 データ・レジスタ

名前: GP0DAT

アドレス: 0xFFFF0D20

デフォルト値: 0x000000XX

アクセス: 読み書き可能

機能: この 32 ビット MMR は、ポート 0 に割り当てられた GPIO ピンの方向を設定します(表 58 参照)。また、このレジスタは、出力として設定された GPIO ピンの出力値を設定し、入力として設定された GPIO ピンのステータスを読み出します。

Table 62.GP0DAT MMR のビット説明

Bit	Description
31 to 29	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
28	Port0.4 Direction Select Bit. Cleared to 0 by user code to configure the GPIO pin assigned to P0.4 as an input. Set to 1 by user code to configure the GPIO pin assigned to P0.4 as an output.
27	Port0.3 Direction Select Bit. Cleared to 0 by user code to configure the GPIO pin assigned to P0.3 as an input. Set to 1 by user code to configure the GPIO pin assigned to P0.3 as an output.
26	Port0.2 Direction Select Bit. Cleared to 0 by user code to configure the GPIO pin assigned to P0.2 as an input. Set to 1 by user code to configure the GPIO pin assigned to P0.2 as an output.
25	Port0.1 Direction Select Bit. Cleared to 0 by user code to configure the GPIO pin assigned to P0.1 as an input. Set to 1 by user code to configure the GPIO pin assigned to P0.1 as an output.
24	Port0.0 Direction Select Bit. Cleared to 0 by user code to configure the GPIO pin assigned to P0.0 as an input. Set to 1 by user code to configure the GPIO pin assigned to P0.0 as an output.
23 to 21	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
20	Port0.4 Data Output. The value written to this bit appears directly on the GPIO pin assigned to P0.4.
19	Port0.3 Data Output. The value written to this bit appears directly on the GPIO pin assigned to P0.3.
18	Port0.2 Data Output. The value written to this bit appears directly on the GPIO pin assigned to P0.2.
17	Port0.1 Data Output. The value written to this bit appears directly on the GPIO pin assigned to P0.1.
16	Port0.0 Data Output. The value written to this bit appears directly on the GPIO pin assigned to P0.0.
15 to 5	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
4	Port0.4 Data Input. This bit is a read-only bit that reflects the current status of the GPIO pin assigned to P0.4. User code should write 0 to this bit.
3	Port0.3 Data Input. This bit is a read-only bit that reflects the current status of the GPIO pin assigned to P0.3. User code should write 0 to this bit.
2	Port0.2 Data Input. This bit is a read-only bit that reflects the current status of the GPIO pin assigned to P0.2. User code should write 0 to this bit.
1	Port0.1 Data Input. This bit is a read-only bit that reflects the current status of the GPIO pin assigned to P0.1. User code should write 0 to this bit.
0	Port0.0 Data Input. This bit is a read-only bit that reflects the current status of the GPIO pin assigned to P0.0. User code should write 0 to this bit.

GPIO ポート 1 データ・レジスタ

名前: GP1DAT

アドレス: 0xFFFF0D30

デフォルト値: 0x000000XX

アクセス: 読み書き可能

機能: この 32 ビット MMR は、ポート 0 に割り当てられた GPIO ピンの方向を設定します(表 58 参照)。また、このレジスタは、出力として設定された GPIO ピンの出力値を設定し、入力として設定された GPIO ピンのステータスを読み出します。

表 63.GP1DAT MMR のビット説明

Bit	Description
31 to 26	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
25	Port1.1 Direction Select Bit. Cleared to 0 by user code to configure the GPIO pin assigned to P1.1 as an input. Set to 1 by user code to configure the GPIO pin assigned to P1.1 as an output.
24	Port1.0 Direction Select Bit. Cleared to 0 by user code to configure the GPIO pin assigned to P1.0 as an input. Set to 1 by user code to configure the GPIO pin assigned to P1.0 as an output.
23 to 18	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
17	Port1.1 Data Output. The value written to this bit appears directly on the GPIO pin assigned to P1.1.
16	Port1.0 Data Output. The value written to this bit appears directly on the GPIO pin assigned to P1.0.
15 to 2	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
1	Port1.1 Data Input. This bit is a read-only bit that reflects the current status of the GPIO pin assigned to P1.1. User code should write 0 to this bit.
0	Port1.0 Data Input. This bit is a read-only bit that reflects the current status of the GPIO pin assigned to P1.0. User code should write 0 to this bit.

GPIO ポート 2 データ・レジスタ

名前: GP2DAT

アドレス: 0xFFFF0D40

デフォルト値: 0x000000XX

アクセス: 読み書き可能

機能: この 32 ビット MMR は、ポート 2 に割り当てられた GPIO ピンの方向を設定します(表 58 参照)。また、このレジスタは、出力として設定された GPIO ピンの出力値を設定し、入力として設定された GPIO ピンのステータスを読み出します。

表 64.GP2DAT MMR のビット説明

Bit	Description
31	Reserved. This bit is reserved and should be written as 0 by user code.
30	Port2.6 Direction Select Bit. Cleared to 0 by user code to configure the GPIO pin assigned to P2.6 as an input. Set to 1 by user code to configure the GPIO pin assigned to P2.6 as an output.
29	Port2.5 Direction Select Bit. Cleared to 0 by user code to configure the GPIO pin assigned to P2.5 as an input. Set to 1 by user code to configure the GPIO pin assigned to P2.5 as an output. This configuration is used to support diagnostic write capability to the high voltage I/O pins.
28	Port2.4 Direction Select Bit. Cleared to 0 by user code to configure the GPIO pin assigned to P2.4 as an input. This configuration is used to support diagnostic readback capability from the high voltage I/O pins (see HVCFG1[2:0]). Set to 1 by user code to configure the GPIO pin assigned to P2.4 as an output.
27 to 26	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
25	Port2.1 Direction Select Bit. Cleared to 0 by user code to configure the GPIO pin assigned to P2.1 as an input. Set to 1 by user code to configure the GPIO pin assigned to P2.1 as an output.
24	Port2.0 Direction Select Bit. Cleared to 0 by user code to configure the GPIO pin assigned to P2.0 as an input. Set to 1 by user code to configure the GPIO pin assigned to P2.0 as an output.
23	Reserved. This bit is reserved and should be written as 0 by user code.
22	Port2.6 Data Output. The value written to this bit appears directly on the GPIO pin assigned to P2.6
21	Port2.5 Data Output. The value written to this bit appears directly on the GPIO pin assigned to P2.5.
20 to 18	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
17	Port2.1 Data Output. The value written to this bit appears directly on the GPIO pin assigned to P2.1.
16	Port2.0 Data Output. The value written to this bit appears directly on the GPIO pin assigned to P2.0.
15 to 7	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
6	Port2.6 Data Input. This bit is a read-only bit that reflects the current status of the GPIO pin assigned to P2.6. User code should write 0 to this bit.

Bit	Description
5	Port2.5 Data Input. This bit is a read-only bit that reflects the current status of the GPIO pin assigned to P2.5. User code should write 0 to this bit.
4	Port2.4 Data Input. This bit is a read-only bit that reflects the current status of the GPIO pin assigned to P2.4. User code should write 0 to this bit.
3 to 2	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
1	Port2.1 Data Input. This bit is a read-only bit that reflects the current status of the GPIO pin assigned to P2.1. User code should write 0 to this bit.
0	Port2.0 Data Input. This bit is a read-only bit that reflects the current status of the GPIO pin assigned to P2.0. User code should write 0 to this bit.

GPIO ポート 0 セット・レジスタ

名前: GPOSET

アドレス: 0xFFFFF0D24

アクセス: 書き込み専用

機能: この 32 ビット MMR を使うと、ユーザー・コードから外部 GPIO ピンを個別にビット指定してハイ・レベルに設定することができます。ユーザー・コードは、GPOSET MMR を使って、他の GPIO ピンのステータスを変更または維持することなく(GPODAT を使うときにはユーザー・コードが必要とされます)、これを実行することができます。

Table 65.GPOSET MMR のビット説明

Bit	Description
31 to 21	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
20	Port0.4 Set Bit. Set to 1 by user code to set the external GPIO_4 pin high. If user software clears this bit to 0, it has no effect on the external GPIO_4 pin.
19	Port0.3 Set Bit. Set to 1 by user code to set the external GPIO_3 pin high. If user software clears this bit to 0, it has no effect on the external GPIO_3 pin.
18	Port0.2 Set Bit. Set to 1 by user code to set the external GPIO_2 pin high. If user software clears this bit to 0, it has no effect on the external GPIO_2 pin.
17	Port0.1 Set Bit. Set to 1 by user code to set the external GPIO_1 pin high. If user software clears this bit to 0, it has no effect on the external GPIO_1 pin.
16	Port0.0 Set Bit. Set to 1 by user code to set the external GPIO_0 pin high. If user software clears this bit to 0, it has no effect on the external GPIO_0 pin.
15 to 0	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.

GPIO ポート 1 セット・レジスタ

名前: GP1SET

アドレス: 0xFFFF0D34

アクセス: 書き込み専用

機能: この 32 ビット MMR を使うと、ユーザー・コードから外部 GPIO ピンを個別にビット指定してハイ・レベルに設定することができます。ユーザー・コードは、GP1SET MMR を使って、他の GPIO ピンのステータスを変更または維持することなく (GP1DAT を使うときにはユーザー・コードで必要とされます)、これを実行することができます。

表 66.GP1SET MMR のビット説明

Bit	Description
31 to 18	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
17	Port1.1 Set Bit. Set to 1 by user code to set the external GPIO_6 pin high. If user software clears this bit to 0, it has no effect on the external GPIO_6 pin.
16	Port1.0 Set Bit. Set to 1 by user code to set the external GPIO_5 pin high. If user software clears this bit to 0, it has no effect on the external GPIO_5 pin.
15 to 0	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.

GPIO ポート 2 セット・レジスタ

名前: GP2SET

アドレス: 0xFFFF0D44

アクセス: 書き込み専用

機能: この 32 ビット MMR を使うと、ユーザー・コードから外部 GPIO ピンを個別にビット指定してハイ・レベルに設定することができます。ユーザー・コードは、GP2SET MMR を使って、他の GPIO ピンのステータスを変更または維持することなく (GP2DAT を使うときにはユーザー・コードで必要とされます)、これを実行することができます。

表 67.GP2SET MMR のビット説明

Bit	Description
31 to 23	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
22	Port2.6 Set Bit. Set to 1 by user code to set the external GPIO_13 pin high. If user software clears this bit to 0, it has no effect on the external GPIO_13 pin.
21	Port2.5 Set Bit. Set to 1 by user code to set the external GPIO_12 pin high. If user software clears this bit to 0, it has no effect on the external GPIO_12 pin.
20 to 18	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
17	Port2.1 Set Bit. Set to 1 by user code to set the external GPIO_8 pin high. If user software clears this bit to 0, it has no effect on the external GPIO_8 pin.
16	Port2.0 Set Bit. Set to 1 by user code to set the external GPIO_7 pin high. If user software clears this bit to 0, it has no effect on the external GPIO_7 pin.
15 to 0	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.

GPIO ポート 0 クリア・レジスタ

名前: GP0CLR

アドレス: 0xFFFF0D28

アクセス: 書き込み専用

機能: この 32 ビット MMR を使うと、ユーザー・コードから外部 GPIO ピンを個別にビット指定してロー・レベルに設定することができます。ユーザー・コードは、GP0CLR MMR を使って、他の GPIO ピンのステータスを変更または維持することなく(GP0DAT を使うときにはユーザー・コードで必要とされます)、これを実行することができます。

表 68.GP0CLR MMR のビット説明

Bit	Description
31 to 21	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
20	Port0.4 Clear Bit. Set to 1 by user code to clear the external GPIO_4 pin low. If user software clears this bit to 0, it has no effect on the external GPIO_4 pin.
19	Port0.3 Clear Bit. Set to 1 by user code to clear the external GPIO_3 pin low. If user software clears this bit to 0, it has no effect on the external GPIO_3 pin.
18	Port0.2 Clear Bit. Set to 1 by user code to clear the external GPIO_2 pin low. If user software clears this bit to 0, it has no effect on the external GPIO_2 pin.
17	Port0.1 Clear Bit. Set to 1 by user code to clear the external GPIO_1 pin low. If user software clears this bit to 0, it has no effect on the external GPIO_1 pin.
16	Port0.0 Clear Bit. Set to 1 by user code to clear the external GPIO_0 pin low. If user software clears this bit to 0, it has no effect on the external GPIO_0 pin.
15 to 0	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.

GPIO ポート 1 クリア・レジスタ

名前: GP1CLR

アドレス: 0xFFFF0D38

アクセス: 書き込み専用

機能: この 32 ビット MMR を使うと、ユーザー・コードから外部 GPIO ピンを個別にビット指定してロー・レベルに設定することができます。ユーザー・コードは、GP1CLR MMR を使って、他の GPIO ピンのステータスを変更または維持することなく(GP1DAT を使うときにはユーザー・コードで必要とされます)、これを実行することができます。

表 69.GP1CLR MMR のビット説明

Bit	Description
31 to 18	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
17	Port1.1 Clear Bit. Set to 1 by user code to clear the external GPIO_6 pin low. If user software clears this bit to 0, it has no effect on the external GPIO_6 pin.
16	Port1.0 Clear Bit. Set to 1 by user code to clear the external GPIO_5 pin low. If user software clears this bit to 0, it has no effect on the external GPIO_5 pin.
15 to 0	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.

GPIO ポート 2 クリア・レジスタ

名前: GP2CLR

アドレス: 0xFFFF0D48

アクセス: 書き込み専用

機能: この 32 ビット MMR を使うと、ユーザー・コードから外部 GPIO ピンを個別にビット指定してロー・レベルに設定することができます。ユーザー・コードは、GP2CLR MMR を使って、他の GPIO ピンのステータスを変更または維持することなく (GP2DAT を使うときにはユーザー・コードが必要とされます)、これを実行することができます。

表 70.GP2CLR MMR のビット説明

Bit	Description
31 to 23	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
22	Port2.6 Clear Bit. Set to 1 by user code to clear the external GPIO_13 pin low. If user software clears this bit to 0, it has no effect on the external GPIO_8 pin.
21	Port2.5 Clear Bit. Set to 1 by user code to clear the external GPIO_12 pin low. If user software clears this bit to 0, it has no effect on the external GPIO_7 pin.
20 to 18	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.
17	Port2.1 Clear Bit. Set to 1 by user code to clear the external GPIO_8 pin low. If user software clears this bit to 0, it has no effect on the external GPIO_8 pin.
16	Port2.0 Clear Bit. Set to 1 by user code to clear the external GPIO_7 pin low. If user software clears this bit to 0, it has no effect on the external GPIO_7 pin.
15 to 0	Reserved. These bits are reserved and should be written as 0 by user code.

高電圧ペリフェラル・コントロール・インターフェース

ADuC7032-8Lは、HVCONとHVDATの2つのMMRで構成されるレジスタ化されたインターフェースを使って制御/モニターされる多数の高電圧回路機能を内蔵しています。HVCONレジスタはコマンド・バイト・インタープリタとして機能し、マイクロコントローラが4個の高電圧ステータスまたは設定レジスタとの間で8ビット・データ(HVDAT値)を間接的に読み出しまたは書き込みできるようにします。これらの高電圧レジスタはMMRではありませんが、一般に間接レジスタと呼ばれるレジスタです。これらのレジスタは、HVCON MMRとHVDAT MMRを経由して間接的にアクセスされます(名前はここから由来しています)。

HVCONレジスタと間接高電圧レジスタとの間の物理的インターフェースは2.56 MHz シリアル・クロックを採用した2線式(データとクロック)シリアル・インターフェースです。このため、HVCONへのMCUコアからの書き込みコマンドからそのコマンドまたはデータが間接高電圧レジスタに届くまでの間には有限の10 μs(最大)のレイテンシがあります。また、MCUコアからHVCONへの書き込みコマンドから間接レジスタ・データ

がHVDATレジスタへ読み込まれるまでの間にも有限の10 μsのレイテンシがあります。

MCUからビジー・ビット(MCUからの読み出し時、HVCONのビット0)をポーリングして、リード/ライト・コマンドの完了を確認することができます。

図35に、高電圧インターフェースと関連回路のアーキテクチャを示します。次の高電圧回路機能は、このインターフェースを経由して制御/モニターされます。

- 高精度発振器
- ウェイクアップ・ピンの機能
- 電源モニター
- ロー・レベル電圧フラグ
- LIN動作モード
- 高電圧診断
- 高電圧減衰器/バッファ回路
- 高電圧温度

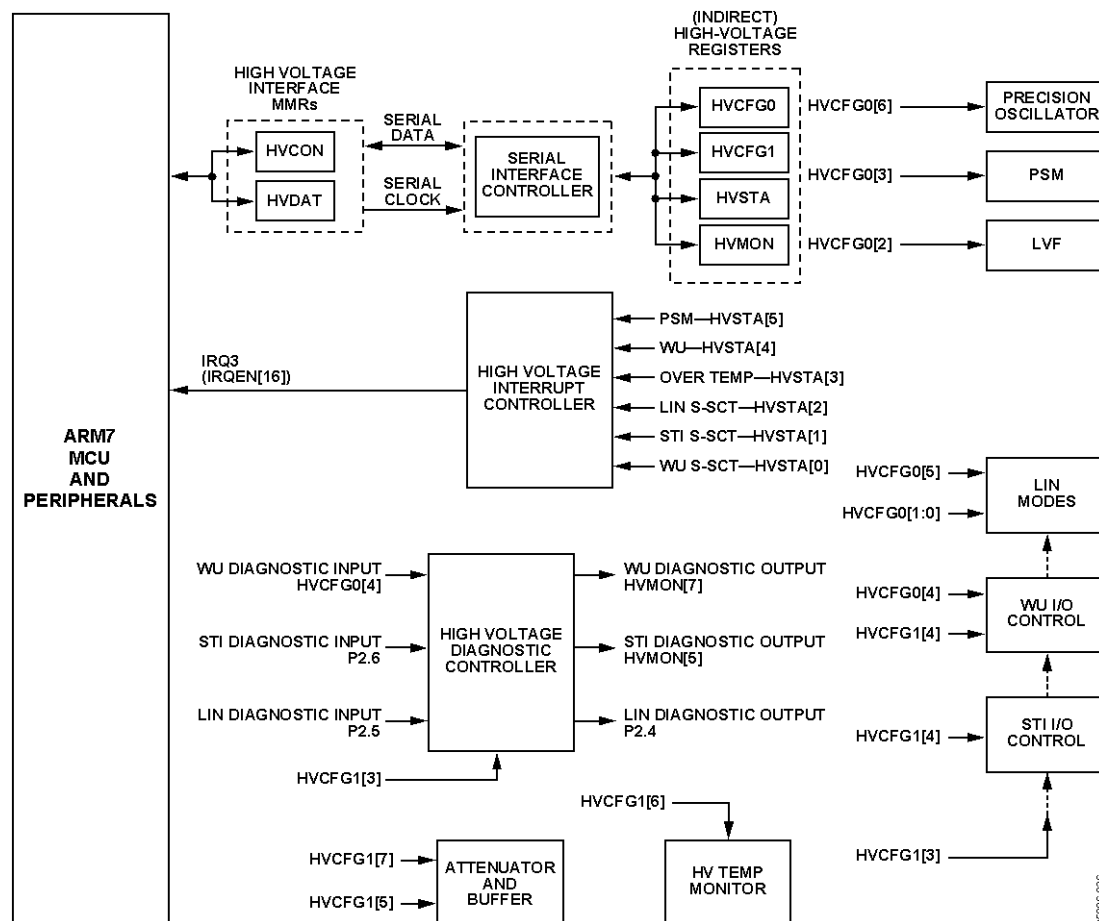


図 35. 高電圧インターフェースのブロック図

高電圧インターフェース・コントロール・レジスタ

名前: HVCON

アドレス: 0xFFFF0804

デフォルト値: 0x00

アクセス: 読み書き可能

機能: この 8 ビット・レジスタは、高電圧コントロール・インターフェースのコマンド・バイトインタープリタとして機能します。このレジスタに書き込まれたバイトは、高電圧回路に関する 4 個の間接レジスタを設定する読み出しコマンドまたは書き込みコマンドとして解釈されます。HVDAT レジスタは、間接レジスタに対する書き込みまたは読み出しの対象となるデータの格納に使用されます。

表 71.HVCON MMR 書き込みビットの説明

Bit	Description
7 to 0	Command Byte 0x00 = read back High Voltage Register HVCFG0 into HVDAT. Command Byte 0x01 = read back High Voltage Register HVCFG1 into HVDAT. Command Byte 0x02 = read back High Voltage Status Register HVSTA into HVDAT. Command Byte 0x03 = read back High Voltage Status Register HVMON into HVDAT. Command Byte 0x08 = write the value in HVDAT to the High Voltage Register HVCFG0. Command Byte 0x09 = write the value in HVDAT to the High Voltage Register HVCFG1. All other command bytes are reserved and should not be written by user code.

表 72.HVCON MMR 読み出しビットの説明

Bit	Description
7 to 3	Reserved.
2	Transmit command to high voltage die status. 1 = command completed successfully. 0 = command failed.
1	Read command from high voltage die status. 1 = command completed successfully. 0 = command failed.
0	Busy Bit (Read Only). When user code reads this register, Bit 0 should be interpreted as the busy signal for the high voltage interface. This bit can be used to determine if a read request has completed. High voltage (read/write) commands, as described previously, should not be written to HVCON unless busy = 0. 1 = high voltage interface is busy and has not completed the previous command written to HVCON; Bit 1 and Bit 2 are not valid. 0 = high voltage interface is not busy and has completed the command written to HVCON; Bit 1 and Bit 2 are valid.

高電圧データ・レジスタ

名前: HVDAT

アドレス: 0xFFFF080C

デフォルト値: Modified by カーネル

アクセス: 読み書き可能

機能: この 12 ビット・レジスタは、高電圧インターフェース・レジスタに対して間接的に読み書きされるデータを格納します。

表 73.HVDAT MMR のビット説明

Bit	Description
11 to 8	Command Associated with High Voltage Data, HVDAT[7: 0]. These bits are read only and should be written as 0s. 0x00 = read back High Voltage Register HVCFG0 into HVDAT. 0x01 = read back High Voltage Register HVCFG1 into HVDAT. 0x02 = read back High Voltage Status Register HVSTA into HVDAT. 0x03 = read back High Voltage Status Register HVMON into HVDAT. 0x08 = write the value in HVDAT to the high voltage register HVCFG0. 0x09 = write the value in HVDAT to the high voltage register HVCFG1.
7 to 0	High Voltage Data to Read/Write.

高電圧設定 0 レジスタ

名前: HVCFG0

アドレス: HVCON 高電圧インターフェースを経由して間接アドレス指定

デフォルト値: 0x00

アクセス: 読み書き可能

機能: この 8 ビット・レジスタは、ADuC7032-8L の高電圧回路機能を制御します。このレジスタは MMR ではないため、MMR メモリ・マップ上にありません。HVCON レジスタ化インターフェースを経由してアクセスされます。このレジスタに書き込まれるデータは HVDAT MMR を介してロードされ、データはこのレジスタから HVDAT MMR を介して読み出されます。

表 74.HVCFG0 のビット説明

Bit	Description
7	WU Thermal Shutdown Disable. 1 = disable the automatic shutdown of the WU driver when a thermal event occurs. 0 = enable the automatic shutdown of the WU driver when a thermal event occurs.
6	Precision Oscillator Enable Bit. 1 = enable the precision 131 kHz oscillator. The oscillator start-up time is typically 70 μ s (including high voltage interface latency of 10 μ s). 0 = power-down the precision 131 kHz oscillator.
5	Reserved. This bit is reserved and should be written as 0 by user code.
4	WU Assert Bit. 1 = assert the external WU pin high. 0 = pull the external WU pin low via an internal 10 k Ω pull-down resistor.
3	PSM Enable Bit. 0 = disable the power supply (voltage at the VDD pin) monitor. 1 = enable the power supply (voltage at the VDD pin) monitor. When IRQ3 (IRQEN[16]) is enabled, the PSM generates an interrupt if the voltage at the VDD pin drops below 6.0 V.
2	Low Voltage Flag Enable Bit. 0 = disable the low voltage flag function. 1 = enable the low voltage flag function. The low voltage flag can be interrogated via HVMON[3] after power-up to determine if the REG_DVDD voltage previously dropped below 2.1 V.
1 to 0	LIN Operating Mode. These bits enable/disable the LIN driver. 00 = LIN disabled. 01 = reserved (not LIN 2.0 compliant). 10 = LIN enabled. 11 = reserved.

高電圧設定 1 レジスタ

名前: HVCFG1

アドレス: HVCON 高電圧インターフェースを経由して間接アドレス指定

デフォルト値: 0x00

アクセス: 読み書き可能

機能: この 8 ビット・レジスタは、ADuC7032-8L の高電圧回路機能を制御します。このレジスタは MMR ではないため、MMR メモリ・マップ上にありません。HVCON レジスタ化インターフェースを経由してアクセスされます。このレジスタに書き込まれるデータは HVDAT を介してロードされ、データはこのレジスタから HVDAT を介して読み出されます。

表 75.HVCFG1 のビット説明

Bit	Description
7	Attenuator Enable Bit. 0 = disable the internal voltage attenuator and attenuator buffer. 1 = enable the internal voltage attenuator and attenuator buffer.
6	High Voltage Temperature Monitor. The high voltage temperature monitor is an uncalibrated temperature monitor located on-chip close to the high voltage circuits. This monitor is completely separate from the on-chip, precision temperature sensor (controlled via ADC2CON[7: 6]) and allows user code to monitor die temperature change close to the hottest part of the ADuC7032-8L die. The monitor generates a typical output voltage of 600 mV at 25°C and typically has a negative temperature coefficient of -2.1 mV/°C. 1 = enable the on-chip, high voltage temperature monitor. Once enabled, this voltage output temperature monitor is routed directly to the temperature channel ADC. 0 = disable the on-chip, high voltage temperature monitor.
5	Voltage Channel Short Enable Bit. 1 = enable an internal short (at the attenuator, before ADC input buffer) on the voltage channel ADC and allow noise to be measured as a self-diagnostic test. 0 = disable an internal short on the voltage channel.
4	WU Readback Enable Bit. 0 = disable input capability on the external WU pin. 1 = enable input capability on the external WU pin. In this mode, a rising or falling edge transition on the WU pin generates a high voltage interrupt. Once this bit is set, the state of the WU pin can be monitored via the HVMON register (HVMON[7]).
3	High Voltage I/O Enable Bit. 1 = re-enable any high voltage I/O pins (LIN/WU) that have been disabled as a result of a short-circuit current event (event must last longer than 20 μs for the LIN pin and 400 μs for the WU pin). This bit must also be set to 1 to re-enable the WU pin, if disabled by a thermal event. It should be noted that this bit must be set to clear any pending interrupt generated by the short-circuit event (even if the event has passed), as well as re-enabling the high voltage I/O pins.
2	Enable/Disable Short-Circuit Protection (LIN). 1 = enable passive short-circuit protection on the LIN pin. In this mode, a short-circuit event on the LIN pin generates a high voltage interrupt, IRQ3 (if enabled in IRQEN[16]), and asserts the appropriate status bit in HVSTA but does not disable the short-circuiting pin. 0 = enable active short-circuit protection on the LIN pin. In this mode, a short-circuit event causes the LIN pin to generate a high voltage interrupt (IRQ3), assert IRQSTA[16], and automatically disable the short-circuiting pin. Once disabled, the I/O pin can be re-enabled only by writing to HVCFG1[3].
1	WU Pin Timeout (Monoflop) Counter Enable/Disable. 1 = disable the WU I/O timeout counter. 0 = enable a timeout counter that automatically deasserts the WU pin 1.3 seconds after user code has asserted the WU pin via HVCFG0[4].
0	WU Open Circuit Diagnostic Enable. 1 = enable an internal WU I/O diagnostic pull-up resistor to the VDD pin, allowing detection of an open-circuit condition on the WU pin. 0 = disable an internal WU I/O diagnostic pull-up resistor.

高電圧割り込みステータス・レジスタ

名前: HVSTA

アドレス: HVCON 高電圧インターフェースを経由して間接アドレス指定

デフォルト値: 0x00

アクセス: 読み出し専用。このレジスタは高電圧割り込みでのみ読み出されます。

機能: この8ビットの読み出し専用レジスタは、HVMON レジスタ内のすべての対応するビットの状態の変化を表示します。このレジスタはMMR ではないため、MMR メモリ・マップ上にありません。HVCON レジスタ化インターフェースを経由してアクセスされ、このレジスタのデータはHVDAT を介して読み出されます。高電圧割り込みコントローラは高電圧割り込みイベントに応答して、高電圧ステータス・レジスタ(HVSTA)の現在の値をHVDAT レジスタに同時に自動的にロードします。

表 76.HVSTA のビット説明

Bit	Description
7 to 6	Reserved. These bits should not be used and are reserved for future use.
5	PSM Status Bit. (Valid only if enabled via HVCFG0[3].) This bit is 0 if the voltage at the VDD pin remains above 6.0 V. This bit is 1 if the voltage at the VDD pin drops below 6.0 V. Note that this bit is not latched, and the IRQ needs to be enabled to detect it.
4	WU Request Status Bit. (Valid only if enabled via HVCFG1[4].) Once enabled via HVCFG1[4], this bit is set to 1 to indicate that a rising or falling edge transition on the WU pin has generated a high voltage interrupt.
3	Overtemperature. Always enabled. This bit is 0 if a thermal shutdown event has not occurred. This bit is 1 if a thermal shutdown event has occurred.
2	LIN Short-Circuit Status Flag. This bit is 0 during normal LIN operation. This bit is 1 if a LIN short circuit is detected; in this condition, the LIN driver is automatically disabled.
1	Reserved. This bit is reserved and should be written as 0 by user code.
0	WU Short-Circuit Status Flag. This bit is 0 during normal WU operation. This bit is 1 if a WU short circuit is detected.

高電圧モニター・レジスタ

名前: HVMON

アドレス: HVCON 高電圧インターフェースを経由して間接アドレス指定

デフォルト値: 0x00

アクセス: 読み出し専用

機能: この 8 ビット読み出し専用レジスタは、ADuC7032-8L のイネーブルされた高電圧関連の回路と機能の現在のステータスを表示します。このレジスタは MMR ではないため、MMR メモリ・マップ上にありません。HVCON レジスタ化インターフェースを経由してアクセスされ、このレジスタのデータは HVDAT を介して読み出されます。

表 77.HVMON のビット説明

Bit	Description
7	WU Pin Diagnostic Readback. Once enabled via HVCFG1[4], this read-only bit reflects the state of the external WU (wake-up) pin.
6	Overtemperature. This bit is 0 if a thermal shutdown event has not occurred. This bit is 1 if a thermal shutdown event has occurred.
5	Reserved. This bit should not be used and is reserved for future use.
4	Buffer Enabled. This bit is 0 if the voltage channel ADC input buffer is disabled. This bit is 1 if the voltage channel ADC input buffer is enabled.
3	Low Voltage Flag Status Bit. (Valid only if enabled via HVCFG0[2].) This bit is 0 on power-up if REG_DVDD has dropped below 2.1 V. In this state, RAM contents can be deemed corrupt. This bit is 1 on power-up if REG_DVDD has not dropped below 2.1 V. In this state, RAM contents can be deemed valid. It is cleared only by re-enabling the low voltage flag in HVCFG0[2].
2	LIN Short-Circuit Status Flag. This bit is 0 if the LIN driver is operating normally. This bit is 1 if the LIN driver has experienced a short-circuit condition and is cleared automatically by writing to HVCFG1[3].
1	Reserved. This bit should not be used and is reserved for future use.
0	WU Short-Circuit Status Flag. This bit is 0 if the WU driver is operating normally. This bit is 1 if the WU driver has experienced a short-circuit condition.

WU (ウェイクアップ)ピン

WU(ウェイクアップ)ピンは、HVCON と HVDAT を使って制御される高電圧 GPIO です。

WU ピン回路の説明

デフォルトでは、WU ピンは 10 k Ω の内部プルダウン抵抗とハイサイド FET ドライバを持つ出力として設定されます。外部システム WU バスをハイ・レベルにすると、デフォルトの動作モードにある WU ピンがアクティブ・ハイのシステム・ウェイクアップ要求を発生するように指定されます。HVCFG0[4]へ直接書き込みを行うと、ユーザー・コードから WU 出力をアサートすることができます。

出力は高電圧インターフェース(シリアル通信を採用)を経由して 10 μ s のレイテンシ後にのみ応答することに注意してください。

内部 FET は大きな電流を供給する能力を持つため、このドライバを長時間アサートすると、チップ上で大きな自己発熱が発生します。このため、モノフロップ(1.3sec のタイムアウト・タイマー)が内蔵されています。

デフォルトでは、モノフロップがイネーブルされているため、1.3 sec 後にウェイクアップ・ドライバがディスエーブルされます。このモノフロップは、HVCFG1[1]を使ってディスエーブルすることができます。WU モノフロップがディスエーブルされると、WU ドライバは 1.3 sec 後にディスエーブルされます。

また、WU ピンは短絡検出機能も内蔵しています。ウェイクアップ・ピンが 200 mA (typ)以上の電流を 400 μ s 間供給すると、HVMON[0]がセットされて高電圧割り込みが発生します。

サーマル・シャットダウン・イベントにより、WU ドライバはディスエーブルされます。WU ドライバは、サーマル・イベント後に、HVCFG1[3]を使って手動で再イネーブルする必要があります。サーマル・イベント時に自動シャットダウンを HVCFG0[7]を使ってディスエーブルすることができます。

HVCFG1[4]に 1 を書き込むと、WU ピンを I/O モードに設定することができます。このモードでは、立ち上がりエッジまたは立ち下がりエッジにより直ちに高電圧割り込みが発生します。外部 WU ピンの状態は直接 HVMON[7]に表示されます。このコンパレータは 3 V_{TYP}のトリップ・レベルを持っています。

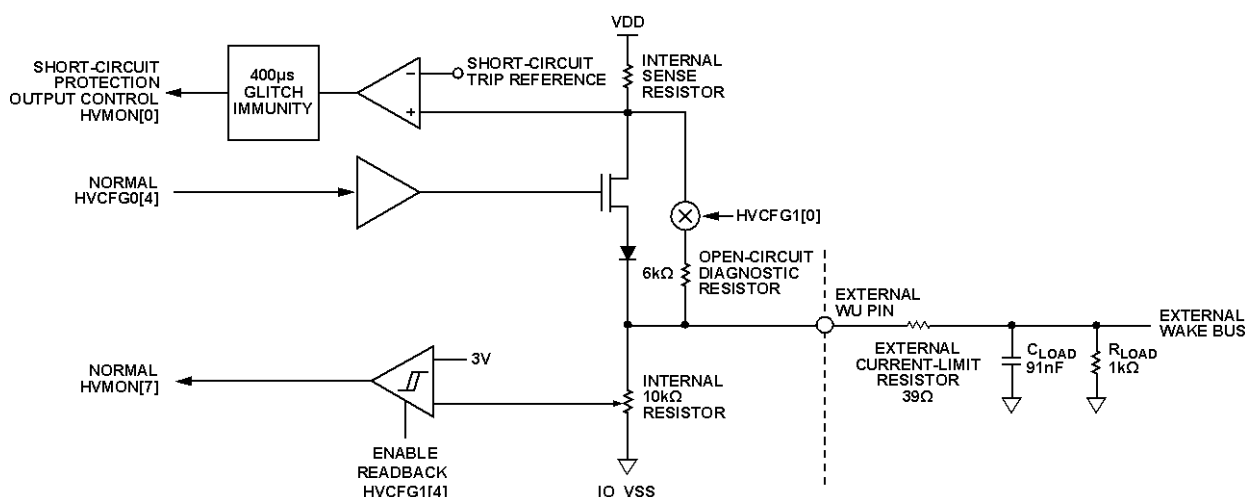


図 36.WU 回路のブロック図

059610-46

高電圧ペリフェラル・コントロール・インターフェースからの割り込みの処理

高電圧回路には、割り込みコントローラも内蔵されています。IRQEN[16]を使ってイネーブルすると、5 個の高電圧割り込み原因の内の 1 つが高電圧割り込み(IRQ3)信号をアサートして、MCU コアへ割り込むことができます。

この割り込みイベントに対する通常の MCU 応答では、IRQ または FIQ 割り込みベクタ・アドレスへジャンプしますが、高電圧割り込みコントローラは同時かつ自動的に高電圧ステータス・レジスタ(HVSTA)の現在値を HVDAT レジスタへロードします。この間、ビジー・ビット HVCON[0]がセットされて、転送中を表示し、さらに 10 μ s 後にクリアされて、HVSTA 値が HVDAT で使用可能になったことを表示します。

このため、割り込み処理では、HVCON 内のビジー・ビットのアサート解除をポーリングすることができ、HVDAT レジスタを読み出すことができます。

表 78.高電圧診断

High Voltage Pin	Fault Condition	Method	Result
LIN	Short between LIN and VBAT	Drive LIN low	LIN short-circuit interrupt is generated after 20 μ s if more than 100 mA is drawn continuously.
	Short between LIN and GND	Drive LIN high	LIN readback low.
WU	Short between WU and VBAT	Drive WU low	Readback high.
	Short between WU and GND	Drive WU high	WU short-circuit interrupt is generated after 400 μ s if more than 200 mA is sourced.
	Open circuit	Enable OC diagnostic resistor with WU disabled	HVMON[7] is cleared if load is connected; HVMON[7] is set if WU is open-circuited.

この時点で、HVDAT には HVSTA レジスタ値が格納されます。ステータス・フラグを調べて、高電圧割り込み原因の詳細と該当する割り込み処理を知ることができます。

低電圧フラグ(LVF)

ADuC7032-8L には、低電圧フラグ(LVF)があります。この機能をイネーブルすると、ユーザーは REG_DVDD をモニターできるようになります。低電圧フラグを HVCFG0[2]を使ってイネーブルすると、HVMON[3]を使ってモニターすることができます。REG_DVDD が 2.1 V を下回ると、HVMON[3]がクリアされます。REG_DVDD が 2.1 V より低くなると、RAM の内容が壊れてしまいます。低電圧フラグをイネーブルした後、REG_DVDD を 2.1 V より低くするか、または HVCFG0[2]を使って LVF 機能をディスエーブルすることによってのみこの機能がリセットされます。

高電圧診断

WU、LIN、STI バス上の故障状態を表 78 のように診断することができます。

UARTシリアル・インターフェース

ADuC7032-8L は 16,450 互換の UART を内蔵しています。UART は全二重のユニバーサル同期レシーバ/トランスミッタであり、ペリフェラル・デバイスまたはモデムから受信されたデータ文字のシリアル/パラレル変換を行い、さらに ARM7TDMI から受信されたデータ文字のパラレル/シリアル変換を行います。UART には非整数の分周器が内蔵されているため、高精度のボー・レートの発生とネットワーク・アドレス可能モードが可能です。UART 機能は、ADuC7032-8L の GPIO_5 と GPIO_6 (RxD と TxD)ピンで使用可能です。

このシリアル通信では同期プロトコルを採用し、種々のワード長、ストップ・ビット、設定レジスタを使って選択可能なパリティ発生オプションをサポートしています。

ボー・レートの発生

ADuC7032-8L は UART ボー・レートを発生する次の 2 つの方法を内蔵しています。

- 通常の 450 UART ボー・レートの発生
- ADuC7032-8L の非整数分周器

これらの方法については、通常の 450 UART ボー・レートの発生のセクションと ADuC7032-8L の非整数分周器のセクションで説明します。

通常の 450 UART ボー・レートの発生

ボー・レートは、COMDIV0 MMR と COMDIV1 MMR の値(16 ビット値 DL)を使ってコア・クロックを分周して発生されます。

$$\text{Baud Rate} = \frac{20.48 \text{ MHz}}{2^{CD} \times 16 \times 2 \times DL}$$

表 79 に、一般的なボー・レート値を示します。

表 79.標準ボー・レート・ジェネレータによるボー・レート

Baud Rate	CD	DL	Actual Baud Rate	% Error
9600	0	0x43	9552	0.50
19,200	0	0x21	19,394	1.01
115,200	0	0x6	106,667	7.41
9600	3	0x8	10,000	4.17
19,200	3	0x4	20,000	4.17
115,200	3	0x1	80,000	30.56

ADuC7032-8L の非整数分周器

非整数分周器と通常のボー・レート・ジェネレータを組み合わせると、正確な高速ボー・レートの発生が可能になります。

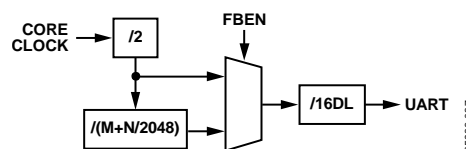


図 37.非整数分周器によるボー・レートの発生

非整数分周器を使ったボー・レートの計算は次のようになります。

$$\text{Baud Rate} = \frac{20.48 \text{ MHz}}{2^{CD} \times 16 \times DL \times 2 \times \left(M + \frac{N}{2048}\right)}$$

$$M + \frac{N}{2048} = \frac{20.48 \text{ MHz}}{\text{Baud Rate} \times 2^{CD} \times 16 \times DL \times 2}$$

表 80 に、一般的なボー・レート値を示します。

表 80.非整数ボー・レート・ジェネレータによるボー・レート

Baud Rate	CD	DL	M	N	Actual Baud Rate	% Error
9600	0	0x42	1	21	9598.55	0.015
19,200	0	0x21	1	21	19,197.09	0.015
115,200	0	0x5	1	228	115,177.51	0.0195

UART レジスタの定義

UART インターフェースは次の 10 個のレジスタから構成されています。

- COMTX: 8 ビット送信レジスタ
- COMRX: 8 ビット受信レジスタ
- COMDIV0: 除数ラッチ(下位バイト)
- COMDIV1: 除数ラッチ(上位バイト)
- COMCON0: ライン・コントロール・レジスタ
- COMCON1: UART コントロール・レジスタ
- COMSTA0: ライン・ステータス・レジスタ
- COMIEN0: 割り込みイネーブル・レジスタ
- COMIID0: 割り込み識別レジスタ
- COMDIV2: 16 ビット非整数ボー分周レジスタ

COMTX、COMRX、COMDIV0 は、同じアドレス・ロケーションを共有しています。COMTX と COMRX は、COMCON0 レジスタのビット 7 がクリアされているときにアクセスできます。COMDIV0 は、COMCON0 のビット 7 がセットされているときにアクセスできます。

UART TX レジスタ

名前: COMTX

アドレス: 0xFFFF0700

デフォルト値: 0x00

アクセス: 書き込み専用

機能: UART を使ってデータを送信するときこの 8 ビット・レジスタに書き込みます。

UART RX レジスタ

名前: COMRX

アドレス: 0xFFFF0700

デフォルト値: 0x00

アクセス: 読み出し専用

機能: UART を使って送信されたデータを受信するとき、この 8 ビット・レジスタを読み出します。

UART コントロール・レジスタ 0

名前: COMCON0

アドレス: 0xFFFF070C

デフォルト値: 0x00

表 81.COMCON0 MMR のビット説明

Bit	Name	Description
7	DLAB	Divisor Latch Access. Set by user to enable access to COMDIV0 and COMDIV1 registers. Cleared by user to disable access to COMDIV0 and COMDIV1 and enable access to COMRX, COMTX, and COMIEN0.
6	BRK	Set Break. Set by user to force TxD to 0. Cleared to operate in normal mode.
5	SP	Stick Parity. Set by user to force parity to defined values. 1 if EPS = 1 and PEN = 1. 0 if EPS = 0 and PEN = 1.
4	EPS	Even Parity Select Bit. Set for even parity. Cleared for odd parity.
3	PEN	Parity Enable Bit. Set by user to transmit and check the parity bit. Cleared by user for no parity transmission or checking.
2	STOP	Stop Bit. Set by user to transmit 1.5 stops bit if the word length is five bits or two stop bits if the word length is six, seven, or eight bits. The receiver checks the first stop bit only, regardless of the number of stop bits selected. Cleared by user to generate one STOP bit in the transmitted data.
1 to 0	WLS	Word Length Select. 00 = 5 bits. 01 = 6 bits. 10 = 7 bits. 11 = 8 bits.

UART 除数ラッチ・レジスタ 0

名前: COMDIV0

アドレス: 0xFFFF0700

デフォルト値: 0x00

アクセス: 読み書き可能

機能: この 8 ビット・レジスタは、UART が動作するボー・レートを制御する除数ラッチの下位バイトを格納します。

UART 除数ラッチ・レジスタ 1

名前: COMDIV1

アドレス: 0xFFFF0704

デフォルト値: 0x00

アクセス: 読み書き可能

機能: この 8 ビット・レジスタは、UART が動作するボー・レートを制御する除数ラッチの上位バイトを格納します。

アクセス: 読み書き可能

機能: この 8 ビット・レジスタは、COMCON1 と組み合わせて使い UART の動作を制御します。

UART コントロール・レジスタ 1

名前: COMCON1

アドレス: 0xFFFF0710

デフォルト値: 0x00

アクセス: 読み書き可能

機能: この 8 ビット・レジスタは、COMCON0 と組み合わせて使い UART の動作を制御します。

表 82.COMCON1 MMR のビット説明

Bit	Name	Description
7 to 6		UART Input Multiplexer. 00 = RxD driven by LIN input; required for LIN communications via LIN pin. 01 = reserved. 10 = RxD driven by GPIO_5; required for serial communications via GPIO_5 pin (RxD). 11 = reserved.
5		Not Used. 0 by default.
4	LOOPBACK	Loop Back. Set by user to enable loopback mode. In loopback mode, the TxD is forced high.
3 to 0		Not Used. 0 by default.

UART ステータス・レジスタ 0

名前: COMSTA0

アドレス: 0xFFFF0714

デフォルト値: 0x60

アクセス: 読み出し専用

機能: この 8 ビット読み出し専用レジスタは、UART の現在のステータスを表示します。

表 83.COMSTA0 MMR のビット説明

Bit	Name	Description
7		Reserved.
6	TEMT	COMTX and Shift Register Empty Status Bit. Set automatically if COMTX and the shift register are empty. This bit indicates that the data has been transmitted; that is, it is no longer present in the shift register. Cleared automatically when writing to COMTX.
5	THRE	COMTX Empty Status Bit. Set automatically if COMTX is empty. COMTX can be written as soon as this bit is set. The previous data may not have been transmitted yet and may still be present in the shift register. Cleared automatically when writing to COMTX.
4	BI	Break Indicator. Set when SIN is held low for more than the maximum word length. Cleared automatically.
3	FE	Framing Error. Set when the stop bit is invalid. Cleared automatically.
2	PE	Parity Error. Set when a parity error occurs. Cleared automatically.
1	OE	Overrun Error. Set automatically if data is overwritten before having been read. Cleared automatically.
0	DR	Data Ready. Set automatically when COMRX is full. Cleared by reading COMRX.

UART 割り込みイネーブル・レジスタ 0

名前: COMIEN0

アドレス: 0xFFFF0704

デフォルト値: 0x00

アクセス: 読み書き可能

機能: この 8 ビット・レジスタは、個々の UART 割り込み原因をイネーブル/ディスエーブルします。

表 84.COMIEN0 MMR のビット説明

Bit	Name	Description
7 to 3		Not Used. 0 by default.
2	ELSI	COMRX Status Interrupt Enable Bit. Set by user to enable generation of an interrupt if any of COMSTA0[3: 1] are set. Cleared by user.
1	ETBEI	Enable Transmit Buffer Empty Interrupt. Set by user to enable interrupt when buffer is empty during a transmission, that is, when COMSTA[5] is set. Cleared by user.
0	ERBFI	Enable Receive Buffer Full Interrupt. Set by user to enable interrupt when buffer is full during a reception. Cleared by user.

UART 割り込み識別レジスタ 0

名前: COMIID0

アドレス: 0xFFFF0708

デフォルト値: 0x01

アクセス: 読み出し専用

機能: この 8 ビット・レジスタは、UART 割り込み原因を表示します。

表 85.COMIID0 MMR のビット説明

Bits[2: 1] Status Bits	Bit 0 NINT	Priority	Definition	Clearing Operation
00	1	N/A	No Interrupt.	N/A
11	0	1	Receive Line Status Interrupt.	Read COMSTA0.
10	0	2	Receive Buffer Full Interrupt.	Read COMRX.
01	0	3	Transmit Buffer Empty Interrupt.	Write data to COMTX or read COMIID0.
00	0	4	Modem Status Interrupt.	Read COMSTA1.

UART 非整数分周器レジスタ

名前: COMDIV2

アドレス: 0xFFFF072C

デフォルト値: 0x0000

アクセス: 読み書き可能

機能: この 16 ビット・レジスタは、ADuC7032-8L 非整数分周器の動作を制御します。

表 86.COMDIV2 MMR のビット説明

Bit	Name	Description
15	FBEN	Fractional Baud Rate Generator Enable Bit. Set by user to enable the fractional baud rate generator. Cleared by user to generate baud rate using the standard 450 UART baud rate generator.
14 to 13		Reserved.
12 to 11	FBM[1: 0]	M. If FBM = 0, M = 4.
10 to 0	FBN[10: 0]	N.

シリアル・ペリフェラル・インターフェース

ADuC7032-8L には、ハードウェアによるシリアル・ペリフェラル・インターフェース(SPI)が内蔵されています。SPI は業界標準の同期シリアル・インターフェースであり、8 ビットのデータを同時に同期送受信することができます(全二重動作)。

SPI インターフェースは、コア・クロック分周器ビット(POWCON[2: 0]=0 または 1)を使った場合のみ動作します。

SPI ポートはマスター動作またはスレーブ動作に設定することができます、4 本の GPIO と 4 本のピンを共用しています。この 4 本の SPI ピンは、MISO、MOSI、SCLK、SS です。これらの信号に使用されるピンを表 87 に示します。

表 87. SPI の出カピン

Pin	Signal	Description
GPIO_0 (GPIO MODE 1)	SS	Chip Select
GPIO_1 (GPIO MODE 1)	SCLK	Serial Clock
GPIO_2 (GPIO MODE 1)	MISO	Master In, Slave Out
GPIO_3 (GPIO MODE 1)	MOSI	Master Out, Slave In

MISO (マスタ・イン、スレーブ・アウト・データ I/O ピン)

この MISO (マスター入力スレーブ出力)ピンは、マスター・モードでは入力ラインに、スレーブ・モードでは出力ラインに、それぞれ設定されます。マスターの MISO ライン(データ入力)は、スレーブ・デバイスの MISO ライン(データ出力)に接続します。データは、MSB 先頭のバイト幅(8 ビット)シリアル・データで転送されます。

MOSI (マスタ・アウト、スレーブ・イン・ピン)

この MOSI (マスター出力スレーブ入力)ピンは、マスター・モードでは出力ラインに、スレーブ・モードでは入力ラインに、それぞれ設定されます。マスターの MOSI ライン(データ出力)は、スレーブ・デバイスの MOSI ライン(データ入力)に接続します。データは、MSB 先頭のバイト幅(8 ビット)シリアル・データで転送されます。

SCLK (シリアル・クロック I/O ピン)

マスター・シリアル・クロック(SCLK)は、MOSI SCLK 周期内で送受信するデータを同期化するために使います。したがって、1 バイトの送受信には SCLK の 8 周期が必要です。SCLK ピンは、マスター・モードでは出力に、スレーブ・モードでは入力に、それぞれ設定されます。

マスター・モードでは、クロックの極性と位相は SPICON レジスタにより制御され、ビット・レートは SPIDIV レジスタにより次のように決定されます。

$$f_{SERIALCLOCK} = \frac{20.48 \text{ MHz}}{2 \times (1 + SPIDIV)}$$

SPI クロックの最大速度は、クロック分周器ビットに依存し、表 88 にまとめます。

表 88. マスタ・モードでの SPI 速度とクロック分周器ビットの対応

CD Bits	0	1
SPIDIV	0x05	0x0B
Maximum SCLK	1.667 MHz	0.833 MHz

スレーブ・モードでは、SPICON レジスタには、該当する入力クロックの位相と極性が設定される必要があります。スレーブは、CD = 0 のとき最大 5.12 Mb で外部マスターからデータを受信します。次式に最大速度を求める式を示します。

$$f_{SERIALCLOCK} = \frac{f_{HCLK}}{4}$$

マスター・モードとスレーブ・モードの両方で、データは SCL 信号の一方のエッジで送信され、他方のエッジでサンプルされます。したがって、極性と位相は、マスター・デバイスとスレーブ・デバイスで同じに設定されることが重要です。

チップ・セレクト(SS)入力ピン

SPI スレーブ・モードでは、転送はアクティブ・ロー入力信号である SS のアサーションによって開始されます。SPI ポートは、8 ビットのデータを送信/受信し、この転送は SS のアサーション解除まで続きます。スレーブ・モードでは、SS は常に入力になります。

SPI レジスタの定義

SPI インターフェースの制御には次の MMR レジスタを使います。

- SPICON: 16 ビット・コントロール・レジスタ
- SPISTA: 8 ビット読み出し専用ステータス・レジスタ
- SPIDIV: 8 ビット・シリアル・クロック分周器レジスタ
- SPIRX: 8 ビット読み出し専用受信レジスタ
- SPITX: 8 ビット書き込み専用送信レジスタ

SPI コントロール・レジスタ

名前: SPICON

アドレス: 0xFFFF0A10

デフォルト値: 0x0000

アクセス: 読み書き可能

機能: この 16 ビット MMR は、シリアル・ペリフェラル・インターフェースを設定します。

表 89.SPICON MMR のビット説明

Bit	Description
15 to 13	Reserved. Should be written as 0.
12	Continuous Transfer Enable. Set by user to enable continuous transfer. In master mode the transfer continues until no valid data is available in the SPITX register. \overline{SS} is asserted and remains asserted for the duration of each 8-bit serial transfer until SPITX is empty. Cleared by user to disable continuous transfer. Each transfer consists of a single 8-bit serial transfer. If valid data exists in the SPITX register, a new transfer is initiated after a stall period.
11	Loop Back Enable. Set by user to connect MISO to MOSI and test software. Cleared by user to normal mode.
10	Slave Output Enable. Set by user to enable slave output. Cleared by user to disable slave output.
9	Slave Select Input Enable. Set by user in master mode to enable the output.
8	SPIRX Overflow Overwrite Enable. Set by user. The valid data in the RX register is overwritten by the new serial byte received. Cleared by user. The new serial byte received is discarded.
7	SPITX Underflow Mode. Set by user to transmit the previous data. Cleared by user to transmit 0.
6	Transfer and Interrupt Mode (Master Mode). Set by user to initiate transfer with a write to the SPITX register. Interrupt occurs when SPITX is empty. Cleared by user to initiate transfer with a read of the SPIRX register. Interrupt occurs when SPIRX is full.
5	LSB First Transfer Enable Bit. Set by user. The LSB is transmitted first. Cleared by user. The MSB is transmitted first.
4	Reserved. Should be written as 0.
3	Serial Clock Polarity Mode Bit. Set by user. The serial clock idles high. Cleared by user. The serial clock idles low.
2	Serial Clock Phase Mode Bit. Set by user. The serial clock pulses at the beginning of each serial bit transfer. Cleared by user. The serial clock pulses at the end of each serial bit transfer.
1	Master Mode Enable Bit. Set by user to enable master mode. Cleared by user to enable slave mode.
0	SPI Enable Bit. Set by user to enable the SPI. Cleared to disable the SPI.

SPI ステータス・レジスタ

名前: SPISTA

アドレス: 0xFFFF0A00

デフォルト値: 0x00

アクセス: 読み出し専用

機能: この 8 ビット MMR は、シリアル・ペリフェラル・インターフェースの現在のステータスを表示します。

表 90.SPISTA MMR のビット説明

Bit	Description
7 to 6	Reserved.
5	SPIRX Data Register Overflow Status Bit. Set if SPIRX is overflowing. Cleared by reading SPIRX register.
4	SPIRX Data Register IRQ. Set automatically if Bit 3 or Bit 5 is set. Cleared by reading SPIRX register.
3	SPIRX Data Register Full Status Bit. Set automatically if valid data is present in the SPIRX register. Cleared by reading SPIRX register.
2	SPITX Data Register Underflow Status Bit. Set automatically if SPITX is underflowing. Cleared by writing in the SPITX register.
1	SPITX Data Register IRQ. Set automatically if Bit 0 is cleared or Bit 2 is set. Cleared by writing in the SPITX register or, if transmission finished, by disabling the SPI.
0	SPITX Data Register Empty Status Bit. Set by writing to SPITX to send data. This bit is set during transmission of data. Cleared when SPITX is empty.

SPI 分周器レジスタ

名前: SPIDIV

アドレス: 0xFFFF0A0C

デフォルト値: 0x1B

アクセス: 読み書き可能

機能: この 8 ビット MMR は、シリアル・ペリフェラル・インターフェースが動作中の周波数を表示します。ボー・レートの計算については SCLK (シリアル・クロック I/O ピン)のセクションを参照してください。

SPI 受信レジスタ

名前: SPIRX

アドレス: 0xFFFF0A04

デフォルト値: 0x00

アクセス: 読み出し専用

機能: この 8 ビット MMR は、シリアル・ペリフェラル・インターフェース経由で受信したデータを格納します。

SPI 送信レジスタ

名前: SPITX

アドレス: 0xFFFF0A08

デフォルト値: 0x00

アクセス: 書き込み専用

機能: シリアル・ペリフェラル・インターフェースを経由してデータを送信するとき、この 8 ビット MMR に書き込みます。

LIN (ローカル・インターコネクト・ネットワーク)インターフェース

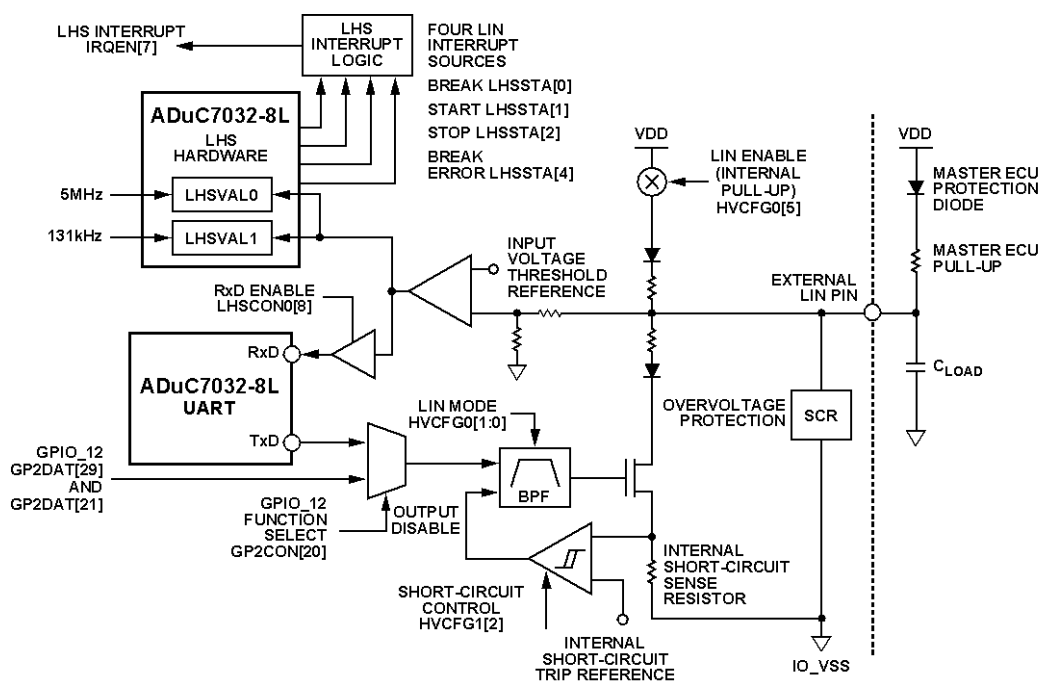


図 38. LIN I/O のブロック図

ADuC7032-8L は、ARM7 MCU コアと外部 LIN バスとの間の高電圧物理インターフェースを内蔵しています。この LIN インターフェースはスレーブ専用インターフェースとして 1 k~20 k ボーで動作し、LIN 2.0 規格と互換性を持っています。スレーブ・ノードに必要とされるプルアップ抵抗を内蔵しているため、外付け回路数が削減できます。LIN プロトコルは、内蔵 UART、IRQ、専用 LIN タイマー、高電圧トランシーバ(これも内蔵)を使って、エミュレートされています。このエミュレーションを図 38 に示します。この LIN は、ブレーク・タイマー用の低消費電力発振器からのクロックで駆動され、同期バイト・タイミングには PLL からの 5 MHz 出力が使われています。

LIN MMR の説明

LIN ハードウェア同期(LHS)機能は、5 個の MMR を使って制御されます。

- LHSSTA: ステータス・レジスタはインターフェースの現在のステータスを示す情報フラグを格納します。
- LHSCON0: コントロール・レジスタ 0 は、LHS タイマーの設定を制御します。
- LHSCON1: スタートおよびストップ・エッジ・コントロール・レジスタは、LIN 同期バイトのいずれのエッジで LHS のカウントを開始または停止するかを指定します。
- LHSVAL0: 16 ビット・タイマーは、LHSCON0 から制御されます。
- LHSVAL1: ブレーク・タイマー・レジスタ。

LIN ハードウェア同期ステータス・レジスタ

名前: LHSSTA

アドレス: 0xFFFF0780

デフォルト値: 0x00

アクセス: 読み出し専用

機能: この LHS ステータス・レジスタは 8 ビット・レジスタで、各ビットは ADuC7032-8L LIN インターフェースの現在の動作ステータスを表示します。

表 91.LHSSTA MMR のビット説明

Bit	Description
7 to 6	Reserved. These read-only bits are reserved for future use.
5	LHS Reset Complete Flag. Set to 1 by hardware to indicate an LHS reset command has completed successfully. Cleared to 0 after user code reads the LHSSTA MMR.
4	Break Field Error. Set to 1 by hardware and generates an LHS interrupt (IRQEN[7]) when the 12-bit break timer (LHSVAL1) register overflows to indicate the LIN bus has stayed low too long, thus indicating a possible LIN bus error. Cleared to 0 after user code reads the LHSSTA MMR.
3	LHS Compare Interrupt. Set to 1 by hardware when the value in LHSVAL0 (LIN synchronization bit timer) = the value in the LHSCMP register. Cleared to 0 after user code reads the LHSSTA MMR.
2	Stop Condition Interrupt. Set to 1 by hardware when a stop condition is detected. Cleared to 0 after user code reads LHSSTA MMR.
1	Start Condition Interrupt. Set to 1 by hardware when a start condition is detected. Cleared to 0 after user code reads LHSSTA MMR.
0	Break Timer Compare Interrupt. Set to 1 by hardware when a valid LIN break condition is detected. A LIN break condition is generated when the LIN break timer value reaches the break timer compare value (see the LHSVAL1 description in the LIN Hardware Break Timer1 Register section). Cleared to 0 after user code reads the LHSSTA MMR.

LIN ハードウェア同期コントロール・レジスタ 0

名前: LHSCON0

アドレス: 0xFFFF0784

デフォルト値: 0x0000

アクセス: 読み書き可能

機能: この LHS コントロール・レジスタは 16 ビット・レジスタで、LHSCON1 レジスタと組み合わせて使い、LIN の動作モードを設定します。

表 92.LHSCON0 MMR のビット説明

Bit	Description
15 to 12	Reserved. These bits are reserved for future use and should be written as 0 by user software.
11	Break Timer Compare Interrupt Disable. Set to 1 to disable the break timer compare interrupt. Cleared to 0 to enable the break timer compare interrupt.
10	Break Timer Error Interrupt Disable. Set to 1 to disable the break timer error interrupt. Cleared to 0 to enable the break timer error interrupt.
9	LIN Transceiver, Standalone Test Mode. Cleared to 0 by user code to operate the LIN in normal mode, driven directly from the on-chip UART. Set to 1 by user code to enable external GPIO_7 and GPIO_8 pins to drive the LIN transceiver TxD and RxD, respectively, independent of the UART. The functions of GPIO_7 and GPIO_8 should first be configured by user code via GPIO Function Select Bit 0 and GPIO Function Select Bit 4 in the GP2CON register.
8	Gate UART Bit. Set to 1 by user code to disable the internal UART RxD (receive data) by gating it high until both the break field and subsequent LIN sync byte have been detected. This ensures the UART does not receive any spurious serial data during break or sync field periods that need to be flushed out of the UART before valid data fields can be received. Set to 0 by user code to enable the internal UART RxD (receive data) after the break field and subsequent LIN sync byte have been detected so that the UART can receive the subsequent LIN data fields.
7	Sync Timer Stop Edge Type Bit. Cleared to 0 by user code to stop the sync timer on the falling edge count configured via the LHSCON1[7: 4] register. Set to 1 by user code to stop the sync timer on the rising edge count configured via the LHSCON1[7: 4] register.
6 to 5	Reserved. These bits are reserved for future use and should be written as 0 by user software.
4	Enable Stop Interrupt. Cleared to 0 by user code to disable interrupts when a stop condition occurs. Set to 1 by user code to generate an interrupt when a stop condition occurs.
3	Enable Start Interrupt. Cleared to 0 by user code to disable interrupts when a start condition occurs. Set to 1 by user code to generate an interrupt when a start condition occurs.
2	LIN Sync Enable Bit. Cleared to 0 by user code to disable LHS functionality. Set to 1 by user code to enable LHS functionality.
1	Edge Counter Clear Bit. Cleared to 0 by user code to enable the rising or falling edge counters to function normally. Set to 1 by user code to clear the internal edge counters in the LHS peripheral. This bit does not reset to 0 automatically and requires user code to write 0 to re-enable the edge counters.
0	LHS Reset Bit. Cleared to 0 automatically after 15 μ s delay. Set to 1 by user code to reset all LHS logic to default conditions.

LIN ハードウェア同期コントロール・レジスタ 1

名前: LHSCON1

アドレス: 0xFFFF078C

デフォルト値: 0x32

アクセス: 読み書き可能

機能: この LHS コントロール・レジスタは 16 ビット・レジスタで、LHSCON0 レジスタと組み合わせて使い、LIN の動作モードを設定します。

表 93.LHSCON1 MMR のビット説明

Bit	Description
7 to 4	LIN Stop Edge Count. These four bits are set by user code to the number of falling or rising edges on which to stop the internal LIN synchronization counter. The stop value of this counter can be read by user code via LHSVAL0. The type of edge, either rising or falling, is configured by LHSCON0[7]. The default value of these bits is 0x3, which configures the hardware to stop counting on the third falling edge. It should be noted that the first falling edge is taken as the falling edge at the start of the LIN break pulse.
3 to 0	LIN Start Edge Count. These four bits are set by user code to the number of falling edges after which the internal LIN synchronization timer starts counting. The stop value of this counter can be read by user code via LHSVAL0. The default value of these bits is 0x2, which configures the hardware to start counting on the second falling edge. It should be noted that the first falling edge is taken as the falling edge at the start of the LIN break pulse.

LIN ハードウェア同期タイマー0 レジスタ

名前: LHSVAL0

アドレス: 0xFFFF0788

デフォルト値: 0x0000

アクセス: 読み書き可能

機能: この 16 ビット読み出し専用レジスタは、内部 LIN 同期化タイマー値を格納します。LIN 同期タイマーは内部 5 MHz クロックで駆動され、コア・クロックとポー・レート周波数から独立しています。LIN モードでは、ユーザー・コードにより LHSVAL0 レジスタから読み出された値を使って、マスターLIN のポー・レートを計算することができます。この計算は、ADuC7032-8L スレーブの UART から LIN マスター・ノードまでの LIN 通信を正しく行うための内部 UART ポー・レートの設定に使われます。

LIN ハードウェア・ブレイク・タイマー1 レジスタ

名前: LHSVAL1

アドレス: 0xFFFF0790

デフォルト値: 0x000 (read) or 0x047 (書き込み)

アクセス: 読み書き可能

機能: ユーザー・コードからこのロケーションを読み出すと、内部 LIN ブレイク・タイマーの 12 ビット値が返されます。このブレイク・タイマーは内蔵の低消費電力発振器(131 kHz)から直接クロックされ、LIN ブレイク・パルスのタイミングを決定します。

LIN バスで負エッジが発生するか、またはユーザー・コードから LHSVAL1 を読み出すと、このタイマーとレジスタ値が 0 にリセットされます。ユーザー・コードからこのロケーションに書き込みを行うと、12 ビット値が LIN ブレイク・タイマーではなく、LIN ブレイク・コンペア・レジスタに書き込まれます。LIN 動作モードでは、コンペア・レジスタの値が連続的にブレイク・タイマー値と比較されます。タイマー値が比較値と一致すると、LIN ブレイク割り込み(IRQEN[7]と LHSSTA[0])が発生します。ブレイク状態割り込みの後、LIN ブレイク・タイマーはブレイク信号の立ち上がりエッジまでカウントを続けます。立ち上がりエッジが検出されずに 12 ビット・タイマーがオーバーフローすると(4096 × 1/131 kHz = 31 ms)、ブレイク・フィールド・エラー割り込み(IRQEN[7]と LHSSTA[4])が発生します。デフォルトでは、コンペア・レジスタ値が 0x47 に設定され、11 ビット周期に対応します。これは、20 kbps での LIN ブレイク・パルスの最小パルス幅です。異なるポー・レートに対しては、LHSVAL1 に書き込みを行ってこの値を変更することができます。有効なブレイク割り込みが受信されない場合、後続同期パルスの LHSVAL0 レジスタを使ったタイミングは行われなことに注意してください。

LIN ハードウェア・インターフェース

LIN フレーム・プロトコル

LIN フレーム・プロトコルは、ブレイク・シンボル、同期バイト、保護識別子、データ・バイトの主要 4 種類に分類されます。

フレーム・ヘッダー、ブレイク、同期バイト、保護識別子のフォーマットを図 39 に示します。本来、LIN を採用した送受信をサポート/管理するために、UART、LIN ハードウェア同期ロジック、高電圧トランシーバ・インターフェースをすべてまとめて内蔵しています。

LIN フレーム・ブレイク・シンボル

図 40 に示すように、LIN ブレイク・シンボルを使って新しいフレームの開始が通知されます。最小 13 ビット周期間継続し、スレーブはデータの受信待ちまたは受信データの処理中でも、ブレイク・シンボルを検出できる必要があります。ADuC7032-8L は、LHSVAL1 ブレイク状態とブレイク・エラー検出機能を使ってこれを実行します。ブレイク周期を正確に計測する必要はありませんが、バス故障状態が発生した場合(バスがロー・レベルに固定)、フラグで表示する必要があります。

LIN フレーム同期バイト

LIN を使用する通信のボー・レートは、同期バイトから図 41 に示すように計算されます。同期フィールドの最初の立ち下がりエッジと同期フィールドの 5 番目の立ち下がりエッジの間の時間が計測されます。この結果を 8 で除算して、送信するデータのボー・レートが得られます。ADuC7032-8L では、この同期バイトのタイミングをハードウェアで実現しています。

LIN フレーム保護識別子

LIN 同期フィールドを受信した後、UART に必要とされるボー・レートが計算されます。次に UART が設定されて、ADuC7032-8L は保護識別子を受信できるようになります(図 42 参照)。保護識別子は、識別子と識別子パリティの 2 つのサブフィールドから構成されています。6 ビットの識別子には、フレームのターゲットの識別子が含まれています。この識別子は、送受信されるデータ・バイト数を表示します。

バイト数は、システム・レベルのデザインでユーザーが設定します。識別子についてパリティが計算され、システムがデザインされた LIN のレビジョンに依存します。

LIN フレームのデータ・バイト

データ・バイト・フレームは、1~8 バイトのデータを伝送します。フレームに含まれるバイト数は、LIN マスターに依存します。データ・バイト・フレームはデータ・バイトに分割されず(図 43)。

LIN フレーム・データの送信と受信

ブレイク・シンボルと同期バイトが正しく受信されると、UART を所要ボー・レートに設定した後、COMTX MMR と COMRX MMR を使ってデータが送受信されます。

LIN を UART と組み合わせて使用するよう設定するときは、次の UART MMR を使います。

- COMDIV0: 除数ラッチ(下位バイト)
- COMDIV1: 除数ラッチ(上位バイト)
- COMDIV2: 16 ビット非整数ボー分周レジスタ

COMDIV0、COMDIV1、COMDIV2 に必要な値は、LHSVAL0 から導出して、所要ボー・レートを発生します。

COMCON0 はライン・コントロール・レジスタです。UART が正しく設定されると、データを送受信する LIN プロトコルは UART 仕様に一致します。

LIN バス上のデータの管理には、次の UART MMR の使用が必要です。

- COMTX: 8 ビット送信レジスタ
- COMRX: 8 ビット受信レジスタ
- COMCON0: ライン・コントロール・レジスタ
- COMSTA0: ライン・ステータス・レジスタ

LIN バス上でデータを送信するためには、関係するデータを COMTX に格納する必要があります。LIN バス上の受信データを読み出すためには、COMRX のモニタリングが必要です。データの送受信を正しく行うためには、COMSTA0 をモニターする必要があります。

詳細については、UART シリアル・インターフェースのセクションを参照してください。

ソフトウェア制御のもとで、UART データ・ライン(TxD と RxD)と外部 GPIO ピン(GPIO_7 と GPIO_8)を共用することが可能です。詳細については GPIO ポート 1 コントロール・レジスタ(GPICON)のセクションを参照してください。

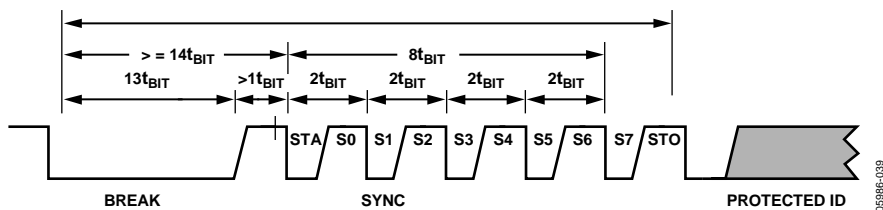


図 39.LIN インターフェースのタイミング

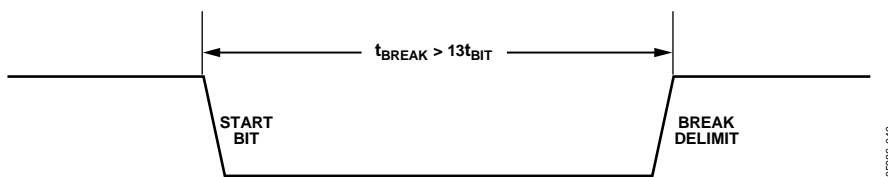


図 40.LIN ブレーク・フィールド

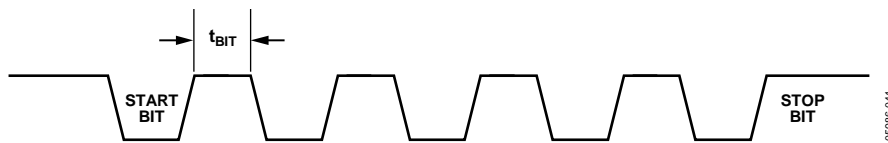


図 41.LIN 同期バイト・フィールド

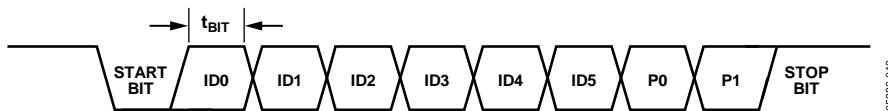


図 42.LIN 識別子バイト・フィールド

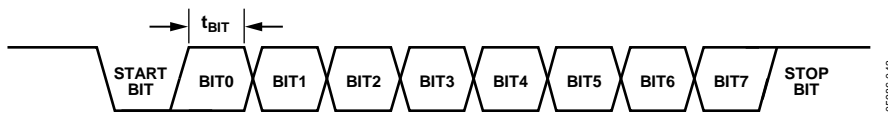


図 43.LIN データ・バイト・フィールド

LIN ハードウェア同期ルーチンの例

次に LIN 初期化ルーチンの C ソース・コード例を示します。

```
void LIN_INIT(void )
{
    char HVstatus;
    GP2CON = 0x110000;           // Enable LHS on GPIO pins

    LHSCON0 = 0x1;              // Reset LHS interface

    do{
        HVDAT = 0x02;           // Enable normal LIN TX mode
        HVCON = 0x08;           // Write to Config0
        do{
            HVstatus = HVCON;
        }
        while(HVstatus & 0x1); // Wait until command is finished
    }
    while (!(HVstatus & 0x4)); // Transmit command is correct

    while((LHSSTA & 0x20) == 0 )
    {
        // Wait until the LHS hardware is reset
    }

    LHSCON1 = 0x062;            // Sets stop edge as the fifth falling edge
                                // and the start edge as the first falling
                                // edge in the sync byte
    LHSCON0 = 0x0114;           // Gates UART RX line, ensure no interference
                                // from the LIN into the UART
                                // Selects the stop condition as a falling edge
                                // Enables generation of an interrupt on the
                                // stop condition
                                // Enables the interface
    LHSVAL1 = 0x03F;            // Set number of 131 kHz periods to generate
                                // a break interrupt 0x3F / 131 kHz ~ 480 μs
                                // which is just over 9.5 tbits
}
}
```

この設定を使い、LHSVAL1 は LIN バス上で受信した最初の立ち下がりエッジでカウントを開始します。LHSVAL1 が LHSVAL1 に書き込まれた値(この場合 0x3F)を超えると、ブレーク・コンペア割り込みが発生します。

次の立ち下がりエッジで、LHSVAL0 がカウントを始めます。LHSVAL0 は立ち下がりエッジ数をモニターし、これと LHSCON1[7: 4]に書き込まれた値を比較します。この例では、モニターするエッジ数は LIN フレームの 6 番目の立ち下がりエッジ、または同期バイトの 5 番目の立ち下がりエッジです。

この立ち下がりエッジ数が受信されると、ストップ条件割り込みが発生します。UART が保護識別子の受信に設定されるのはこのポイントです。

LIN バスがハイ・レベルに戻る前に、UART がゲーティングされる必要があります(LHSCON0[8]を使用)。ゲーティングされないと、UART 通信エラー発生します。この処理の詳細を図 44 に示します。コード例を次に示します。

コード例

```

while((GP2DAT & 0x10) == 0)
{
    // Wait until LIN bus returns high
    LHSCON0 = 0x4;           // Enable LHS to detect break condition ungate
                            // RX line
                            // Disable all interrupts except break compare
                            // interrupt
    IRQEN = 0x800;         // Enable UART interrupt
                            // The UART is now configured and ready to be used
                            // for LIN
}

```

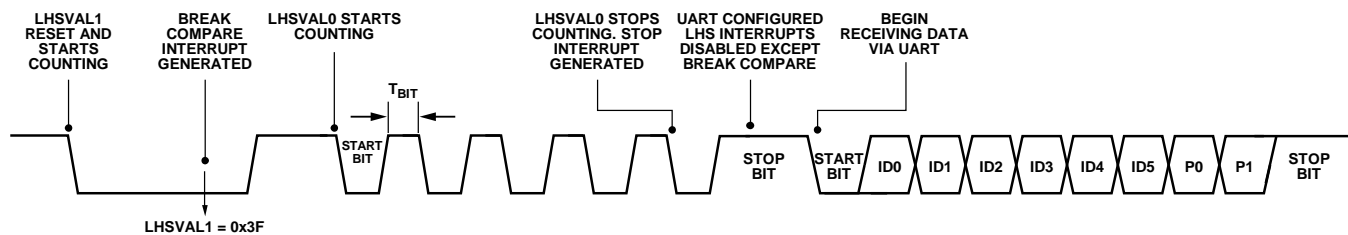


図 44. LIN 例の設定

LIN 診断

ADuC7032-8L は、アプリケーション・ボード上の断線状態を検出する機能を内蔵しています。このリードバック機能は、GPIO_11 を使って実現しています。LIN ピンの現在の状態は GP2DAT[4] に格納されています。

ユーザー・ソフトウェアから LIN ピンをハイ・レベルとロー・レベルに駆動して、ユーザーが断線状態を検出できるようにすることもできます。この機能は GPIO_12 を使って実現しています。

この機能をイネーブするときは、GP2CON[20] を使って GPIO_12 を GPIO として設定する必要があります。LIN ピンを設定すると、GP2DAT を使ってハイ・レベルまたはロー・レベルにすることができます。

また、ADuC7032-8L は LIN ピンの短絡保護機能も内蔵しています。LIN ピン上で短絡状態が検出されると、HVSTA[2] がセットされます。HVCFG1[3] を使って LIN ドライバを再イネーブすると、このビットはクリアされます。この機能は HVCFG1[2] を使ってディスエーブルすることができます。

ADuC7032-8Lの内蔵診断機能

ADuC7032-8L は、複数の診断サポート回路を内蔵しています。これらの回路を使うと、コア・デジタル機能、アナログ・フロントエンド、高電圧 I/O ポートをデバイスにインサーキットでテストさせることができます。

ADC 診断

内部テスト電圧

電流チャンネルを内部 8.3 mV テスト電圧を変換するように設定することができます。任意のゲイン・レンジで、 $\pm 2\%$ の変換結果を得ることができます。

内部短絡モード

電流と電圧の入力チャンネルも内部で短絡することができます。この内部短絡を変換すると、内部 ADC ノイズの評価を行うことができます。

内部電流源

内部電流源も電流と温度のチャンネルでイネーブルすることができます。これらの電流源を使って、外付けのシャントまたは温度センサー構成で外部短絡または断線状態を調べることができます。

高電圧 I/O 診断

高電圧 I/O のリードバック

すべての高電圧 I/O ピンには、外部の短絡状態を検出できるリードバック機能が付いています。

高電圧電流検出

すべての高電圧 I/O ピンには、VBAT へのハイサイド接続の検出と制御を可能にする高電流検出機能も付いています。

デバイスの識別

2個のレジスタが MMR スペースに配置されており、これらを使ってユーザー・コードによる製造ロット ID 情報、部品 ID 番号、シリコン・マスク・レビジョン、カーネル・レビジョンの追跡が可能になっています。この情報は、SYSSER0 MMR と SYSSER1 MMR に格納されています。これらを表 94 と表 96 に示します。

完全なトレーサビリティのためには、デバイス組み立てロット番号、SYSSER0、SYSSER1、モジュール番号の記録が必要です。ロット番号はパッケージ上の表示に含まれています(表 95 参照)。シリコン・レビジョンとカーネル・レビジョン情報は、SYSSER1 と FEE0ADR の MMR に格納されています。

システム・シリアル ID レジスタ 0

名前: SYSSER0

アドレス: 0xFFFF0238

デフォルト値: 0x00000000 (パワーオン時カーネルが更新)

アクセス: 読み書き可能

機能: パワーオン時、この 32 ビット・レジスタはこの特定の ADuC7032-8L ユニットが製造された元の製造ロット番号の値を格納します(ボトム・チップの場合)。このロット番号を SYSSER1 と組み合わせて使うと、このデバイスの製造履歴を追跡することができます(ボトム・チップの場合)。

表 94.SYSSER0 MMR のビット説明

Bit	Description
31 to 27	Wafer Number. The five bits read from this location give the wafer number (1 to 24) from the wafer fabrication lot ID from which this device originated and, when used in conjunction with SYSSER0[26: 0], provide individual wafer traceability.
26 to 22	Wafer Lot Fabrication Plant. The five bits read from this location reflect the manufacturing plant associated with this wafer lot and, used in conjunction with SYSSER0[21: 0], provide wafer lot traceability.
21 to 16	Wafer Lot Fabrication ID. The six bits read from this location form part of the wafer lot fabrication ID and, used in conjunction with SYSSER0[26: 22] and SYSSER0[15: 0], provide wafer lot traceability.
15 to 0	Wafer Lot Fabrication ID. These 16 LSBs hold a 16-bit number that should be interpreted as the wafer fabrication lot ID number. When used in conjunction with the value in SYSSER1, that is, the manufacturing lot ID, this number is a unique identifier for the part.

表 95.表示例

Line No.	LFQFP
Line 1	ADuC7032-8L
Line 2	BSTZ 8L
Line 3	A40 #date code
Line 4	Assembly lot number

システム・シリアル ID レジスタ 1

名前: SYSSER1

アドレス: 0xFFFF023C

デフォルト値: 0x00000000 (パワーオン時カーネルが更新)

アクセス: 読み書き可能

機能: パワーオン時、この 32 ビット・レジスタは表 96 に示すように、部品 ID 番号、シリコン・マスク・レビジョン番号、カーネル・レビジョン番号の値を格納します(ボトム・チップの場合)。

表 96.SYSSER1 MMR のビット説明

Bit	Description
31 to 28	<p>Silicon Mask Revision ID. The four bits read from this nibble reflect the silicon mask ID number. Specifically, the hex value in this nibble should be decoded as the lower hex nibble in the hex numbers reflecting the ASCII characters in the range A to O.</p> <p>Examples:</p> <p>Bits[19: 16] = 0001 = 0x1; therefore, this value should be interpreted as 41, which is ASCII Character A, corresponding to Silicon Mask Revision A.</p> <p>Bits[19: 16] = 1011 = 0xB; therefore, the number is interpreted as 4B, which is ASCII Character K, corresponding to Silicon Mask Revision K.</p> <p>The allowable range for this value is 1 to 15, that is, interpreted as 41 to 4F, or ASCII Character A to ASCII Character O.</p>
27 to 20	<p>Kernel Revision ID. This byte contains the hex number that should be interpreted as an ASCII character indicating the revision of the kernel firmware embedded in the on-chip Flash/EE memory.</p> <p>Example: Reading 0x41 from this byte should be interpreted as A, indicating a Revision A kernel is on-chip.</p>
19 to 16	Reserved. Note that for prerelease samples, these bits refer to the kernel minor revision number of the device.
15 to 0	Part ID. These 16 LSBs hold a 16-bit number that should be interpreted as the part ID number. When used in conjunction with the value in SYSSER0, that is, the manufacturing lot ID; this number is a unique identifier for the part.

システム・カーネル・チェックサム

名前: SYSCHK

アドレス: 0xFFFF0240

デフォルト値: 0x00000000 (パワーオン時カーネルが更新)

アクセス: 読み書き可能

機能: パワーオン時、この 32 ビット・レジスタはカーネル・チェックサムを格納します。

システム識別 FEE0ADR

名前: FEE0ADR

アドレス: 0xFFFF0E10

デフォルト値: 非ゼロ

アクセス: 読み書き可能

機能: この 16 ビット・レジスタは、FEECON を使って実行されたすべてのフラッシュ/EE コマンドが処理対象とするアドレスを制御します。また、この MMR は ADuC703x ファミリー・メンバーとプリリリース・シリコン・レビジョンの識別にも使われます。

表 97.FEE0ADR システム識別 MMR ビットの説明

Bit	Description
15 to 12	Reserved.
11 to 8	Reserved.
7 to 4	Silicon Revision. 0x0 = Type6 0x1 = Type6X 0x4 = Type7Y 0x5 = Type7OP 0x6 = Type8 0x7 = Type7OP1 0x8 = Type7M 0x9 = Type7 0xA = Type8W 0xC = Type7ML 0xD = Type8V 0xE = Type8Y 0xF = Type8L Others = reserved
3 to 0	ADuC7030 Family ID. 0x0 = ADuC7030 0x2 = ADuC7032 0x3 = ADuC7033 Others = reserved

ADuC7032-8Lの回路例

この回路図例では、基本機能回路を示します。システムが EMC とその他の過電圧/過電流コンプライアンス条件を満たすためには、部品を追加する必要があります。

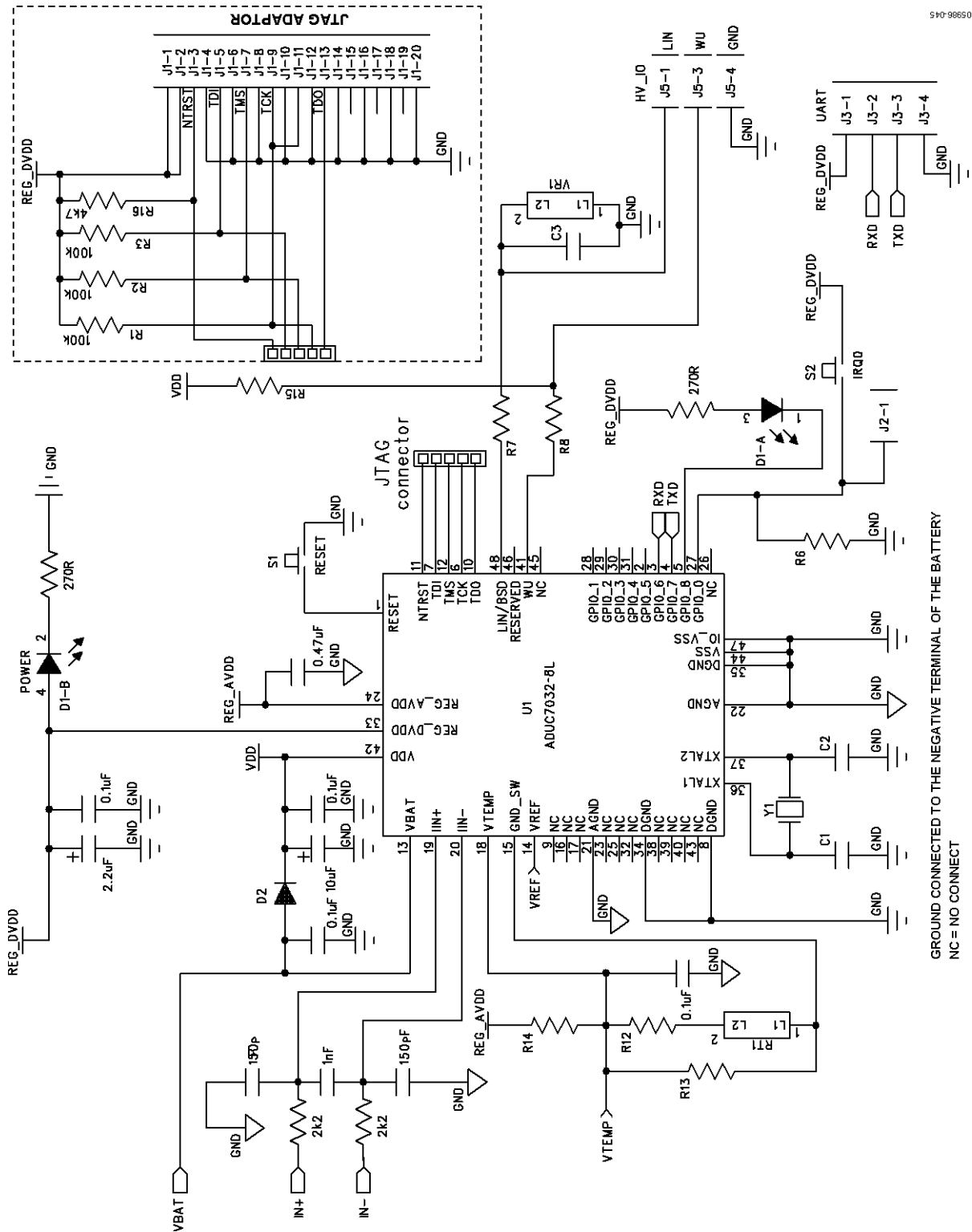


図 45. 基本機能回路例

外形寸法

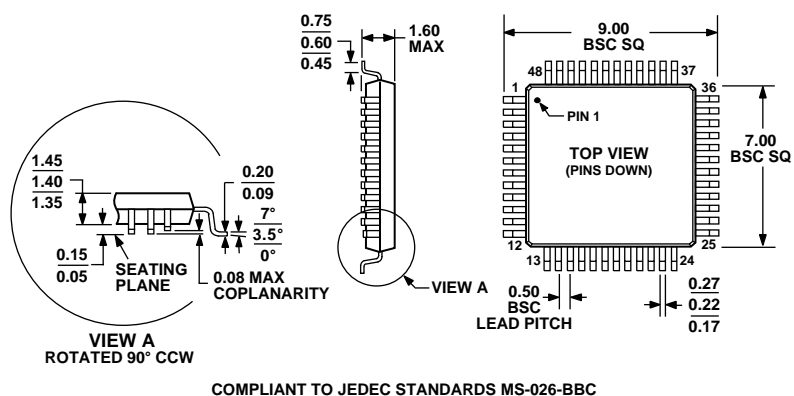


図 46.48 ピン・ロー・プロファイル・クワッド・フラット・パッケージ[LQFP]
(ST-48)
寸法: mm

オーダー・ガイド

Model	Temperature Range	Package Description	Package Option
ADuC7032BSTZ-8L-RL ¹ EVAL-ADUC7032QSPZ	-40°C to +105°C	48-Lead Low Profile Quad Flat Package [LQFP], Reel Evaluation Board	ST-48

¹ Z = RoHS 準拠製品