



Kazunobu Shin, Systems & Architecture, Member Group of Technical Staff
Venkateswar Kowkutla, Senior Member of Technical Staff

목차

1	머리말	2
2	AM62x 전력 관리 기능	3
2.1	저전력 모드	3
2.2	APM(능동 전원 관리)	4
2.3	전원 공급 장치 간소화	4
2.4	전원 솔루션	4
3	저전력 프로세서 아키텍처 고려 사항	5
4	AM62x 전력 소비	6
5	전력 예상 틀	7
6	결론	8

상표

모든 상표는 해당 소유권자의 자산입니다.

1 머리말

다양한 애플리케이션에서 임베디드 시스템의 인기가 높아지면서 단일 SoC로의 통합 수준도 높아지고 있습니다. 이처럼 통합 수준이 높아지면서 전력 손실 수준이 높아지고 열 시스템 비용이 늘어나며, 성능이 저하되고, 배터리 수명이 단축되고 있습니다. 이러한 문제점을 극복하려면 SoC를 대상 임베디드 시스템 내 사용이라는 맥락 정보를 바탕으로 정의, 구성 및 설계해야 합니다. 애플리케이션은 모두 각각 다르기 때문에 SoC에 맞는 작동 설정을 선택하면 최적 수준의 성능 및 전력을 달성할 수 있습니다. 여기서는 텍사스 인스트루먼트가 선보이는 차세대 Sitara MPU 디바이스인 AM62x 프로세서에서 개발된 새로운 기능 및 기법을 소개합니다.

AM62x 프로세서에는 64비트 아키텍처, 강력한 3D 그래픽 엔진, 일반 용도 사용 및 애플리케이션 도메인에서 풀 FFI(freedom-from interface) 사용 시 안전을 보장하기 위한 일체형 M4F MCU 채널, 기초 및 차량용/산업용 보안을 위한 듀얼 코어 M4F, 디바이스 리소스를 위한 전용 R5F 코어 및 저전력 관리를 적용한 고성능 쿼드 코어 Cortex A53이 탑재되어 있습니다. 이 디바이스의 모듈형 아키텍처는 연결성, 전력, 보안, 안전성 및 비용 등과 같은 필수 시스템 리소스를 희생하지 않고 여러 가지 저전력 모드를 지원하면서 성능을 제공합니다. 그림 1은 높은 수준에서 본 AM62x 프로세서 블록 다이어그램입니다.

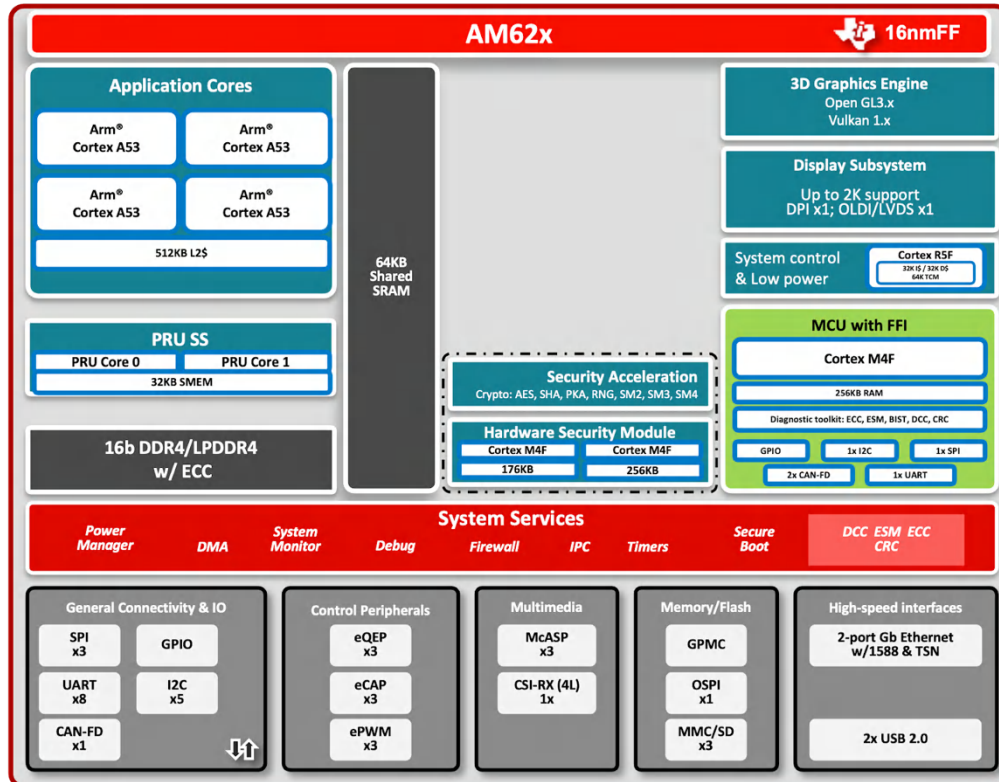


그림 1-1. Sitara™ AM62x 프로세서의 블록 다이어그램

2 AM62x 전력 관리 기능

AM62 프로세서는 여러 가지 필수 기법을 사용해 활성 및 정적 상태 전력 소비량을 감소시킵니다. 표 2-1은/는 AM62x 전력 관리 기능 및 그에 따른 이점을 보여줍니다.

표 2-1. AM62x 전력 관리 기능

주요 기능	AM62x 전력 관리	장점
저전력 모드	DeepSleep, MCU Only, Standby, Partial I/O	더 긴 배터리 작동 수명 시간
APM(능동 전원 관리)	125 MHz에서 낮은 버스 클록 주파수 작동(OPP 로우)	저활동 사용 사례에서 저활동 전력 소비
	DFS(동적 주파수 조정)	열 관리
전원 공급 장치 간소화	0.75V에서 최대 1.25GHz A53 0.85V에서 1.4GHz A53	코어 전원 공급 0.75V로 차별화된 저전력 능력 코어 전원 공급 0.75V로 더 높은 성능 제공
	단일 코어 전원 공급 보다 간소화된 전원 도메인	전원 솔루션 비용 절감 및 보다 간소화된 전력 관리 소프트웨어 제어
	저비용의 분리형 전원 솔루션을 제공하는 일체형 LDO로 간소화된 전원 시퀀싱	더 손쉬운 전체 시스템의 전원 솔루션 최적화 저비용 전력 솔루션
컴패니언 PMIC	새로운 저비용 PMIC	AM62x에 대해 최적화된 저비용 PMIC

2.1 저전력 모드

AM62x 프로세서는 Partial I/O 모드부터 DeepSleep 모드, Standby 모드(mW 미만부터 몇 mW까지)까지 다양한 전력 손실 수준의 최적화된 저전력 모드를 지원합니다. 표 2-2은/는 AM62x 프로세서에서 지원되는 다양한 저전력 모드를 높은 수준에서 바라본 것입니다.

표 2-2. AM62x 저전력 모드

저전력 모드	웨이크업 소스	애플리케이션 상태 및 유스 케이스
Partial I/O	CANUART I/O 뱅크 핀	CANUART I/O 뱅크 I/O 핀으로부터 I/O 웨이크업 기능을 유지하기 위해 CANUART I/O 뱅크에서 I/O 핀을 제외하고 SoC 전체가 OFF 상태입니다.
DeepSleep	GP 타이머, RTC 타이머, UART, I2C, MCU GPIO0, I/O 데이터 체인, USB 웨이크업 이벤트	코어 도메인 레지스터 정보가 상실됩니다. 이 모드에 들어가려면 그 전에 애플리케이션이 코어 도메인의 온칩 주변 레지스터(맥락) 정보를 저장해야 합니다. DDR이 자체 새로고침 상태입니다. 부트 ROM이 웨이크업을 위한 주변 맥락 복원을 실행하고 연결하며, 이어서 시스템 작동이 재개됩니다. 이 모드는 주로 배터리 수명 또는 백업 작업을 위한 Suspend to RAM 목적으로 사용됩니다.
MCU Only	MCU 채널에서 지원하는 DeepSleep 웨이크업 이벤트, Interrupt 이벤트	MCU 서브시스템이 MCU PLL 클록에서 구동됩니다. SoC 상태의 나머지 부분은 DeepSleep의 경우와 동일합니다. DDR이 자체 새로고침 상태입니다. MCU는 이 저전력 모드 상태에서 MCU 도메인 주변 장치와의 애플리케이션을 구동할 수 있습니다.
Standby	모든 SoC 인터럽트 이벤트	온칩 콘텐츠가 온전하게 보존됩니다. 모든 SoC 인터럽트 이벤트는 이 저전력 모드에서 웨이크업 이벤트를 야기할 수 있습니다. A53 및 MCU M4F는 WFI 또는 파워 다운 상태입니다. DDR 메모리는 자체 새로고침 상태입니다. 디바이스는 비 웨이크업/MCU 도메인 주변 장치에 대해 낮은 수준의 프로세싱을 구동하고 그러한 주변 장치에서 웨이크업을 지원할 수 있습니다.

Partial I/O: CANUART I/O 뱅크의 I/O 핀과 스몰 로직은 활성 상태이며, SoC의 나머지는 전원이 꺼진 상태입니다. 사용자는 I/O 웨이크업 이벤트가 트리거되면 I/O 핀을 사용해 다중 I/O 웨이크업 이벤트를 합치고 PMIC_LPM_EN 핀을 토글해 PMIC 또는 개별적 전력 솔루션을 활성화할 수 있습니다. I/O 웨이크업 이벤트에 관한 정보는 CANUART I/O 뱅크 내 MMR에 기록되며, 소프트웨어가 콜드 부트와 웨이크업을 구별해 웨이크업 이벤트에 더 신속하게 반응할 수 있도록 도와줍니다. 이 모드는 CAN 웨이크업이나 이더넷 웨이크업을 지원하는 데 사용할 수 있습니다.

DeepSleep: DeepSleep 모드는 Standby 또는 MCU-Only 모드에 비해 전력 소비 수준이 더 낮습니다. DeepSleep 모드는 보통 사용자가 처리나 더 높은 성능을 요하는 이벤트를 기다리고 있는 동안 매우 낮은 전력 수준을 유지해야 하는 경우 비활성 상태에서 사용됩니다. DeepSleep은 최저 전력 모드이지만 DDR은 계속 자체 새로고침 상태로 유지되기 때문에 웨이크업 이벤트에서 완전한 콜드 부트가 필요 없고, 따라서 웨이크업 지연을 크게 줄여줍니다. 이 모드에서는 RTC 또는 그 외 타이머 기능이 필요 없을 때 양쪽 오실레이터를 모두 비활성화하는 방법으로 최저 전력을 달성할 수 있습니다.

MCU Only: MCU-Only는 저전력 모드에서 낮은 수준의 처리를 요구하는 저전력 유스 케이스에서 사용합니다. SoC의 상태는 MCU 채널이 완전 활성 상태로 MCU 채널 리소스와 주변 장치에서 애플리케이션을 구동한다는 것을 제외하고 DeepSleep의 경우와 동일합니다. MCU 채널에서 인터럽트 이벤트가 발생하면 MCU-Only로부터 웨이크업이 개시되며, DeepSleep에서 지원하는 웨이크업 이벤트도 MCU-Only로부터 웨이크업을 촉발할 수 있습니다.

Standby: 디바이스를 Standby 모드로 두면 저활동 시간대에 전력 소비량을 줄일 수 있습니다. 이 첫 번째 전력 관리 레벨을 이용하면 신속한 재시작을 위한 디바이스 맥락을 유지할 수 있습니다. Standby 상태는 Active 상태보다 전력 소비량이 낮지만 사용자가 스위치가 꺼진 전력 도메인 맥락을 온칩 메모리나 DDR에 저장해 두어야 올바른 웨이크업을 재개할 수 있습니다.

2.2 APM(능동 전원 관리)

DFS(Dynamic Frequency Scaling, 동적 주파수 조정)은 장치의 OPP(Operating Performance Points, 작동 성능 지점)에 걸쳐 작동 주파수를 동적으로 조정하는 전력 관리 기법입니다. OPP는 특정 전력 상태를 정의하는 전압/주파수 쌍을 말합니다. 소프트웨어가 각 OPP에 대한 클럭 주파수를 제어해 성능과 전력을 최적 지점으로 조정합니다. 장치는 Cortex-A53에서 DFS를 지원합니다.

AM62x 프로세서는 더 낮은 주파수 작동을 OPP 로우(OPP Low)로 지원합니다. OPP 로우는 반드시 부팅 시점에 구성해야 합니다. OPP 로우에서는 성능 저감을 통해 활성 전력 소비량을 낮추기 위해 메인 CBASS 클럭 주파수를 낮춥니다. 이 작동 조건에서는 일부 주변 모듈의 성능은 제한되거나 사용할 수 없습니다.

2.3 전원 공급 장치 간소화

전력 최적화에 있어서는 단순히 SoC 전력만이 아니라 총 시스템 전력 최적화와 더불어 주어진 시스템 내에서 SoC가 어떻게 사용될 것인가를 반드시 고려해야 하며, 이는 전체론적 접근 방식에서 핵심적인 요소입니다. SoC에서 필요한 전용 전력 레일의 개수를 최소화할 경우 단순히 전원 공급 솔루션을 간소화하는 데 그치지 않습니다. AM62x 장치의 설계에는 다양한 애플리케이션의 수요를 충족하기 위해 전압 수준을 확장할 수 있는 유연성과 더불어 공유 코어 VDD가 포함되어 있습니다.

주어진 애플리케이션에 대해 적합한 코어 전압을 선택하면 시스템 전력을 최적화할 수 있습니다. AM62x 장치는 코어 전력 공급을 프로세스 노드의 표준 코어 전압인 0.8V에서 0.75V로 확장해 활성 전력이 총 15% 감소되는 것을 보여줄 수 있습니다. 반면, 성능이 핵심 사안인 경우, 코어 전력 공급을 0.8V에서 0.85V로 확장함으로써 장치 성능을 15% 높여줍니다.

AM62x 프로세서는 DVFS/AVS 없이 단순 코어 전력 공급을 지원하며 전체 SoC에 대해 고정 코어 전압으로 100K POH를 구현해 완전한 성능 강화를 실현합니다.

2.4 전원 솔루션

TI는 위와 같이 간소화된 전력 요건을 활용해 AM62x 프로세서용으로 두 가지 유형의 저비용 전력 솔루션을 개발했습니다. TPS65219는 구체적으로 AM62x 프로세서용으로 설계된 제품으로, 간소화된 전력 요건을 전적으로 활용해 AM62x 프로세서에 최저 비용 PMIC를 제공합니다. 개별 전원 솔루션은 전체 시스템 요구 사항에 맞게 최적화하거나 고객이 요구하는 여러 다른 전류 용량 또는 전원 공급 장치 개수를 충족하기 위해 전원 솔루션을 조정하는 데 필요한 확장성과 유연성을 제공합니다. 표 2-3은/는 AM62x 프로세서용으로 설계된 저비용 전원 솔루션 두 가지를 비교한 것입니다.

표 2-3. AM62x 전원 솔루션

	개별 전원	단일 PMIC 솔루션
가용성	현재: (TPS6282x, TPS745xx, TLV7103318, TLV75518)	TPS65219
전력 기능	AM62x 아날로그 통합을 이용한 전원 공급 간소화	2.7~5.5V 입력 공급
	다중 입력 공급 장치를 지원: 3.3 V, 5 V	AM62x/AM64x 프로세서용으로 개발된 단일 PMIC 솔루션
	전류 용량 및 최저 비용을 위한 다양한 맞춤 요구 사항을 충족하기 위한 확장성	오토모티브 지원
전력 관리 기능	해당 없음	프로그래밍 가능한 전력 시퀀싱 및 기본 전압
기능 안전성	AM62x 기능을 이용한 고객 주도 구현	해당 없음
전원 솔루션 사이즈 예측	시스템 요구 사항 기반 확장 가능	81.54mm ² , 4 x 4mm ² QFN, 0.4mm 피치 69.66mm ² , 5 x 5mm ² QFN, 0.5mm 피치
AM62x EVM	AM62x SK	AM62Q SK

3 저전력 프로세서 아키텍처 고려 사항

전력과 지연 최적화를 위해서는 하드웨어와 소프트웨어 동시 설계가 결정적으로 중요합니다. 적합한 하드웨어-소프트웨어 경계를 판단하고, 정의 단계에서 초기에 어느 기능이 하드웨어에 속하고 어느 기능이 소프트웨어에 속하는지 파악하는 것이 핵심입니다. USB 및 DDR 리셋 분리와 유지 방식 등 혁신적인 새로운 기능을 이용해 구성 설정의 저장 및 구성 단계를 없애는 방법을 통해 저전력 모드 진입 및 종료에 대한 소프트웨어 시퀀스를 간소화합니다. 저전력 유스 케이스와 IO를 유지 상태로 바꾸는 기능을 이용해 IO 상태를 최적화(풀업 및 풀다운)하면 시스템 견고성과 신뢰성이 높아집니다.

개발 단계 초기에 여러 다른 하드웨어/소프트웨어 파티션을 검토해 전체적인 시스템 유스 케이스 및 목표(비용, 성능, 전력 및 지연)를 가장 효과적으로 충족하는 구현을 결정했습니다. AM62x 프로세서는 **그림 3-1**에서 보듯이 주로 4개의 도메인으로 나뉩니다.

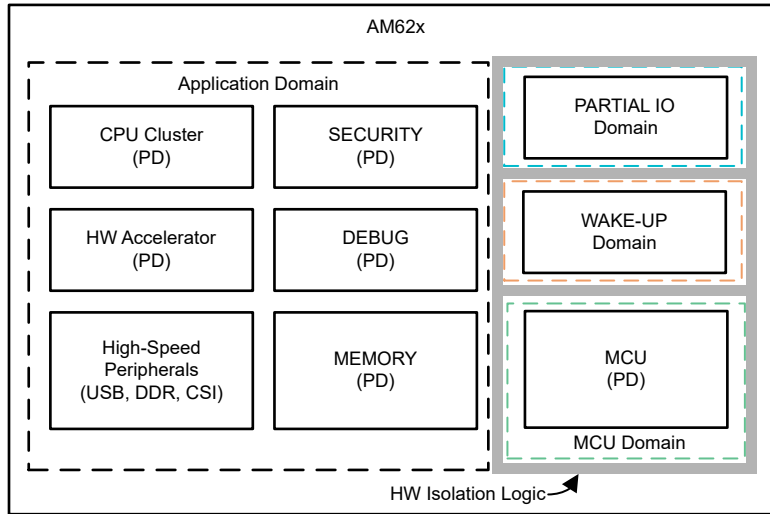


그림 3-1. SoC 파티션

고성능 CPU, 하드웨어 가속기 및 고속 주변 장치로 구성된 **애플리케이션 도메인**. 이 도메인은 내부 전원 스위치를 갖춘 여러 하위 시스템으로 다시 나뉩니다. 시스템 유스 케이스에 따라 이 하위 시스템은 내부 전원 도메인 스위치를 사용해 완전히 전원 공급을 차단할 수 있습니다. 예를 들어, 클러스터 내에서 사용하지 않는 CPU 코어, 하드웨어 가속기(그래픽, 디스플레이) 등. 또한, DeepSleep 및 MCU Only 저전력 모드에서는 내부 서브시스템 전력 게이팅을 통해 애플리케이션 도메인을 최저 전력 모드로 전환합니다.

MCU 도메인은 실시간 CPU 및 주변 장치로 구성됩니다. 도메인은 애플리케이션과는 완전히 독립적으로 작동될 수 있도록 구성 가능하며, 이는 여러 차량용, 산업용 및 배터리 작동 애플리케이션에서 핵심적인 차별화 요소입니다. DeepSleep 모드에서는 MCU 도메인 전원을 내부 전원 스위치로 끌 수 있습니다.

클럭, 리셋, 전원 및 웨이크업 등 전원 관리 CPU 및 시스템 구성 요소로 구성된 **웨이크업 도메인**. 이 도메인은 장치 부팅, 리소스 구성 및 관리, 저전력 관리 등을 책임지고 있습니다. 이 도메인 주변에는 애플리케이션과 MCU 도메인 간의 명확한 분리를 위해 하드웨어 분리가 적용되어 있습니다. Sitara MPU 장치는 하드웨어와 소프트웨어 기능 간에 책임 사항을 신중하게 파티셔닝함으로써 보다 단순하고 견고한 저전력 모드 진입 및 종료 시퀀스를 달성합니다. 또한, 주변 기기 구성 저장 및 복구가 필요한 복잡한 소프트웨어 시퀀스를 없애는 방법으로 저전력 모드 진입/종료 지연을 개선하기 위해 Sitara MPU 장치에는 USB 및 DDR 리셋 분리 및 유지 방식 등 새롭고 혁신적인 기능을 적용했습니다.

4 AM62x 전력 소비

표 4-1은/는 다양한 SoC 상태에서 전력 소비와 전력 및 성능의 확장성을 보여줍니다. AM62 프로세서는 낮은 전력 모드 구현 및 기법을 이용해 1GHz로 구동되는 단일 A53 코어에서 500mW 미만의 전력 소비량을 달성합니다. 이러한 전력 소비량은 이전 세대에서 유사한 저전력, 저비용 프로세서가 달성한 전력 소비량의 거의 절반 수준에 해당됩니다. Quad A53 코어가 1.4GHz로 구동되는 4개 코어에서 모두 높은 스트레스 애플리케이션을 실행하는 경우에도 AM62x 프로세서 전력 소비량은 1W 미만이 될 수 있습니다.

표 4-1. AM62x 전력 소비

	1GHz로 구동되는 Cortex A53 0.75-V VDD_CORE			1.4GHz로 구동되는 Cortex A53 0.85-V VDD_CORE		
	유휴 1xA53 (mW)	Dhrystone 1xA53 (mW)	Dhrystone 4xA53 (mW)	유휴 1xA53 (mW)	Dhrystone 1xA53 (mW)	Dhrystone 4xA53 (mW)
VDD_CORE	343	395	570	466	565	880
VDDR_CORE	3	4	7	2	4	8
VDDS_DDR	45	45	45	45	45	45
합계(I/O 및 아날로그 없음)	391	444	622	513	614	933

5 전력 예상 툴

TI는 측정된 데이터와 시뮬레이션 데이터를 바탕으로 구축한 프로세서 전력 모델을 바탕으로 하는 PET(전력 예측 툴)을 제공하고 있습니다. 개발자들은 하드웨어와 소프트웨어 설계에 착수하기 전에 다양한 애플리케이션 시나리오, 전기적 매개 변수, 실리콘 프로세스 변형 및 환경적 조건 측면에서 AM62x 프로세서의 전력 소비에 대한 인사이트를 얻을 수 있습니다. PET에서 얻는 전력 예측치를 사용해 AM62x 프로세서의 작동 성능 지점을 결정하고, 열 설계를 평가하거나 최종 제품의 배터리 수명을 예측할 수 있습니다. 개발자는 이 툴을 이용해 여러 다른 작동 조건과 프로세서 구성을 선택함으로써 다양한 전력 절감 기법을 이용해 작동 성능과 전력 소비 간 트레이드오프를 적용할 수 있습니다. 이 툴은 실제 작동 모드에서 전력 소비량을 추정하는 용도로 만들어진 것이며, 전원 공급량 사이징을 위한 툴이 아닙니다.

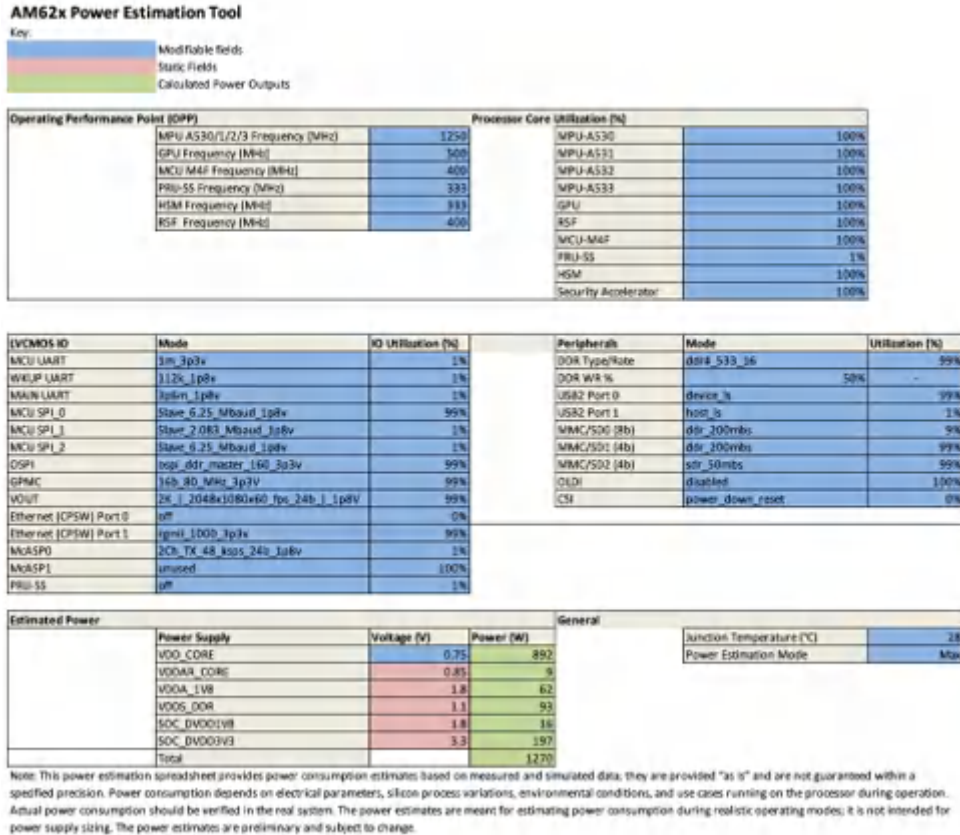


그림 5-1. AM62x PET(전력 예측 툴)

6 결론

AM62 프로세서는 애널리틱스 또는 인간-기계 인터페이스 기능으로 엣지 디바이스에서 저전력 임베디드 시스템을 구현합니다. 저전력 모드 및 저활성 전력 소비 기능으로 히트싱크 팬 없이도 다양한 배터리 작동 애플리케이션 및 소형 폼 팩터 제품 디자인을 지원합니다. 고유한 0.75V 코어 전압 작동과 전력 관리 기능이 성능 및 전력 소비를 조정해 각 고객 애플리케이션에 맞게 최적화하고, 고급 아날로그 통합을 이용해 간소화된 저비용 전력 솔루션을 제공합니다.

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATA SHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you will fully indemnify TI and its representatives against, any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#) or other applicable terms available either on ti.com or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may have proposed.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2022, Texas Instruments Incorporated