

Ana Maria Araujo Soares

*Pré-estudo de aparelho portátil detector de
radiação*

Campina Grande - PB, Brasil

Novembro de 2012

Ana Maria Araujo Soares

*Pré-estudo de aparelho portátil detector de
radiação*

Relatório de estágio integrado submetido à Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de concentração: Eletrônica

Orientador:

Prof. Dr. Alexandre Cunha Oliveira

UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

Campina Grande - PB, Brasil

Novembro de 2012

Relatório de estágio integrado sob o título “*Pré-estudo de aparelho portátil detector de radiação*”, defendido por Ana Maria Araujo Soares e aprovada em Novembro de 2012, em Campina Grande, Estado do Paraíba, pela banca examinadora constituída pelos professores:

Prof. Dr.Alexandre Cunha Oliveira
Orientador

Professor Convidado

Resumo

O aumento constante de matéria nuclear no mundo gera um risco de proliferação e constitui um perigo em potencial para a saúde e segurança pública. De fato, o controle destas fontes radiativas deve ser precioso e preocupa bastante os governos e organizações mundiais. Este relatório apresenta a fase de pré-estudo do Kappa: um aparelho eletrônico para detecção e identificação de radiatividade. Inicialmente, foi feito um estudo e levantamento das novas tecnologias embarcadas, focando nos processadores ARM. Afim de diminuir o tempo e custo do projeto, optou-se pela utilização do "System on Module" Torpedo LogicPD AM18x que integra o processador TI AM1808, 128MB de memória Mobile DDR, 8 MB de memória NOR Flash e um módulo de gestão de energia. O próximo passo do projeto será avaliar o desempenho e consumo do sistema utilizando o Kit de desenvolvimento do SOM.

Abstract

The quantity of nuclear material existing in the world is constantly increasing. A fundamental objective for global security is to minimize the nuclear proliferation risks associated with this increase. This document presents the electronic part of the "Kappa" project: a handheld device for detection and identification of radiation. We discuss the new technologies in the field of embedded electronic systems and we analyze the ARM embedded processors and solutions for components integration. In order to reduce the time-to-market and development costs, the device uses the "System on Module" Torpedo LogicPD AM18x that integrates a TI AM1808 processor, 128MB of Mobile DDR memory, 8 MB NOR Flash memory, and a power management module. The next step of the project focuses on the estimation of the performances and power consumption of the system along with its software environment using a Development Kit.

Agradecimentos

Eu começo por agradecer ao meu tutor Sr. Julien Spruytte que me orientou durante este estágio e me acolheu em sua equipe, oferecendo-me todo suporte necessário para o desenvolvimento de minhas atividades. Todo o conhecimento que ele me passou ao longo deste projeto foram, sem dúvida, de grande importância para o meu crescimento profissional e pessoal.

Agradeço à toda a equipe HPD&I pela ajuda e simpatia em todos momentos, em particular ao Sr. Damien Lebras que diversas vezes me socorreu e elucidou minhas dúvidas, ajudando-me a caminhar mais rápido ao longo do estágio.

Enfim, agradeço a pessoas maravilhosas que tive o prazer em conhecer nesta empresa e que tornaram-se minha família do outro lado do oceano. Arnaud, Chantal, Christine, Nadine, Rémi e Teria, merci beaucoup!

Sumário

Lista de Tabelas

Lista de Figuras

1	Introdução	p. 11
2	Apresentação da empresa	p. 12
2.1	Histórico	p. 12
2.2	O grupo Mirion Technologies	p. 12
2.3	Alguns produtos desenvolvidos pela Mirion Technologies	p. 13
2.4	Descrição de mercado	p. 14
3	Especificações do projeto	p. 15
3.1	Problemática	p. 15
3.2	Objetivos	p. 16
3.3	Descrição funcional	p. 16
4	Estudo do processador	p. 19
4.1	Cortex-A8	p. 22
4.2	ARM9	p. 22
4.2.1	Solução escolhida	p. 22
5	System on Module (SOM)	p. 25
5.1	Consumo de energia	p. 26
5.2	Módulo de gestão de energia	p. 28

5.2.1	Gestão de energia do SOM LogicPD AM18	p. 29
5.2.2	Gestão de energia do SOM Direct Insight iMx28	p. 30
5.3	Carregador de bateria	p. 30
5.4	A solução escolhida	p. 31
6	Placa de conexão	p. 34
6.1	Sistema de alimentação	p. 34
6.1.1	Requisitos elétricos do processador	p. 35
6.1.2	Requisitos elétricos dos periféricos	p. 35
6.2	Bateria	p. 36
7	Conclusões	p. 37
8	Referências Bibliográficas	p. 38
	Apêndice A – Pesquisa de mercado: SOMs e Evaluation boards	p. 40
	Apêndice B – Consumo de processadores	p. 44
	Apêndice C	p. 49

Lista de Tabelas

1	Comparativo entre famílias Cortex ARM	p. 20
2	Comparativo entre processadores Cortex-A e Marvell XScale PXA270 .	p. 21
3	Comparativo entre processadores ARM clássicos e PXA270	p. 22
4	Comparativo entre processadores fabricados com Cortex-A8	p. 23
5	Comparativo entre processadores fabricados com ARM9	p. 24
6	Simulação da potência consumida pelo sistema utilizando o processador TI AM18 . As células de fundo branco são relacionadas a potência consumida pelos componentes sendo a porcentagem de utilização relacionada ao parâmetros especificados do cenário. A potência total consumida por esses componentes são fornecidas pelo "Power management IC" e está especificada nas células cinzas. Finalmente as células laranjas correspondem a toda potência fornecida pela bateria	p. 27
7	Simulação da potência consumida pelo sistema utilizando o processador TI iMx28 . As células de fundo branco são relacionadas a potência consumida pelos componentes sendo a porcentagem de utilização relacionada ao parâmetros especificados do cenário. A potência total consumida por esses componentes são fornecidas pelo "Power management IC" e está especificada nas células cinzas. Finalmente as células laranjas correspondem a toda potência fornecida pela bateria	p. 28
8	Correntes de carga máximas dos SOMs	p. 31
9	Requisitos de alimentação do processador AM18x	p. 35
10	Configuração entre o processador AM18x e o PMIC TPS65070	p. 35
11	Comparativo entre SOMs baseados em Cortex-A8 e ARM9 - Parte 1 . .	p. 40
12	Comparativo entre SOMs baseados em Cortex-A8 e ARM9 - Parte 2 . .	p. 41

13	Comparativo entre <i>Evaluation boards</i> baseados em Cortex-A8 e ARM9 - Parte 1	p. 42
14	Comparativo entre <i>Evaluation boards</i> baseados em Cortex-A8 e ARM9 - Parte 2	p. 43
15	Consumo do processador TI AM18x à 360 MHz	p. 45
16	Consumo do processador TI AM18x à 456 MHz	p. 46
17	Consumo do processador Freescale iMx28 à 360 MHz	p. 47
18	Consumo do processador Freescale iMx28 à 456 MHz	p. 48

Lista de Figuras

1	Mercado de aparelhos para detecção e identificação de radiação. Produtos destacados com borda vermelha são desenvolvidos pela Mirion Technologies	p. 15
2	Modelos propostos para o Kappa	p. 16
3	Kappa e suas funcionalidades	p. 17
4	Diagrama de blocos do Kappa	p. 18
5	Processadores ARM	p. 20
6	Processadores ARM	p. 25
7	Comparação entre potência consumida na execução de um processo com e sem uso da técnica DVFS	p. 29
8	Carregamento da bateria em duas etapas	p. 30
9	Fotografia dos SOMs comparados	p. 31
10	Diagrama de blocos do SOM LogicPD Torpedo AM18x	p. 32
11	Kit de desenvolvimento do SOM LogicPD Torpedo AM18x	p. 33
12	Diagrama de blocos simplificado do sistema final SOM+placa de conexão	p. 34
13	Esquemático do sistema de alimentação	p. 36
14	Conexão entre processador OMAP-L138 e PMIC TPS65070	p. 49

1 *Introdução*

Esse relatório apresenta um estágio integrado realizado na empresa “Mirion Technologie” durante fevereiro e julho de 2011. Essa experiência permitiu a aplicação de conhecimentos prévios, inserção no mundo industrial dentro de uma empresa francesa e desenvolvimento da habilidade de trabalho em equipe.

O trabalho consistiu no projeto do “Kappa”: Um aparelho portátil para detecção e identificação de radiação compatível com Windows Embedded. O objetivo principal do estágio foi estudar a arquitetura do dispositivo embarcado e escolher seus componentes como o processador, a tela e a bateria. A solução proposta apresenta um bom compromisso entre o consumo de energia, as dimensões e o desempenho do dispositivo. O foco do trabalho foi a parte eletrônica do projeto, desconsiderando as especificações de medição de radiação.

O estágio foi desenvolvido em três etapas. Num primeiro momento, foi feita uma revisão bibliográfica afim de conhecer melhor o tema, definir as especificações do projeto e identificar os pontos críticos para a concepção do dispositivo. Esta etapa foi muito importante, pois condicionou todas as etapas seguintes. Em seguida, realizou-se o levantamento das soluções existentes no mercado, sendo as mesmas comparadas e escolhida a que melhor atendia as necessidades. E finalmente, a última etapa foi de testes e permitiu avaliar definitivamente a solução proposta.

Ao longo do estágio, houveram dois eventos em Paris. No dia 30 de março de 2011, no “Salon de Solutions Electroniques”, foi possível fazer contato com muitos engenheiros experientes que trabalham nas empresas cujos produtos poderiam ser utilizados no projeto Kappa. Nesta oportunidade, foi possível esclarecer algumas dúvidas referentes aos dispositivos dedicados e às novidades do mercado. O segundo evento, realizado em Paris no dia 28 de abril de 2011, foi um curso oferecido pela Microsoft em parceria com a Adeneo sobre Windows Embedded.

2 Apresentação da empresa

2.1 Histórico

A história da Mirion Technologies começou em 1965 quando a empresa até então chamada de Merlin Gélin começou suas atividades no ramo da instrumentação nuclear. Dez anos depois, visando a liderança mundial no mercado de inversores, a empresa comprou a NOR do grupo CGE, tornando-se Merlin Gélin Provence.

Em 1994, a empresa se dividiu em três novas empresas a Merlin Gélin Provence, Merlin Gélin Inc e a MGP Instruments que seguiu no ramo de instrumentação nuclear. A partir de 2000, a MGP apresentou grande crescimento, principalmente com a compra da atividade "Instrumentação Nuclear" da sociedade "Hartman & Braun GmbH" em Munich (Alemanha) e também com o acordo de igual colaboração com a sociedade Rados (Finlândia e Alemanha)

Em 2002, foi criado o grupo Synodys que integra as marcas: RADOS Technology, MGPI-H&B e MGP Instruments. Somente em 2006, surge a Mirion Technologies graças a fusão de três líderes no domínio do controle e medida de radiação: Mirion Technologies, Imaging and Sensing Technology corporate (IST) e Global Dosimetry Solutions (GDS). Finalmente, em 2008, Synodys passou a fazer parte da Mirion Technologies.

2.2 O grupo Mirion Technologies

O grupo Mirion Technologies é um dos principais fornecedores de produtos e de serviços voltados a instrumentação nuclear. A variedade de produtos desenvolvidos pelo grupo permite assegurar a proteção de pessoas, bens, instalações e ambientes face ao risco de radiações nucleares. Os principais clientes da Mirion Technologies são, portanto, as centrais nucleares, a defesa civil, o exército, os hospitais, as universidades e outras indústrias especializadas.

Para fornecer a melhor qualidade de produtos e serviços, Mirion Technologies emprega setecentas pessoas distribuídas em quinze filiais diferentes. Ademais, a organização das atividades se faz em cinco setores:

- *Health Physics*: dosimetria ativa, controle de contaminação de área, medição portátil, detecção e identificação.
- *Radiation Monitoring Systems*: sistemas de controle ambiental, controle de radiação, taxas de neutrons para radioproteção.
- *Sensing Systems*: injeção eletrônica nuclear e controle de fluxo de neutrons.
- *Dosimetry Services*: consultoria e serviços em dosimetria.
- *Imaging Systems*: câmeras resistentes a radiação, pirometria.

2.3 Alguns produtos desenvolvidos pela Mirion Technologies



PDS 100 G et G/N

Aparelho portátil de detecção e identificação
Detetor CsI(Tl), detecção gamma/neutron
30 KeV a 1,8 MeV
10 nSv/h a 100 uSv/h



HDS

Aparelho de pesquisa e identificação
Cintilador CsI(Tl) e Li6, detecção gamma/neutron
30 KeV a 3 MeV, neutrons até 15 MeV
10 nSv/h a 100 uSv/h



SPIR-Ident G et G/N et SPIR-Mobile

Identificação portátil
Detector NaI(Tl) et He3, detecção gamma/neutron
Diversas aplicações: pedestres, veículos, móvel

2.4 Descrição de mercado

Devido ao desenvolvimento de novas tecnologias que utilizam materiais nucleares (como radiadores nucleares para produção de eletricidade ou tratamentos de câncer), a quantidade de agentes radiotivos está em constante crescimento à nível mundial. Este aumento gera um risco de proliferação e constitui um potencial de perigo para saúde e segurança pública, preocupando, assim, os governos e organizações internacionais.

A ameaça do tráfico ilícito de material nuclear aumentou significadamente no início dos anos 90. Diversos casos de tráfico de urânio e de plutônio ocorreram até o início dos anos 2000. Em 1994 e 1995, 2,7Kg e 1,7Kg, respectivamente, de urânio altamente enriquecido foram apreendidos em Praga e Moscou. Em dezembro de 2006, mais treze incidentes de tráfico de urânio foram descobertos.

Depois dos atentados de onze de setembro de 2001 e o ressurgimento de atos terroristas, muitos países temem a “bomba suja” e passaram a tomar medidas de segurança notadamente para grandes aglomerações de pessoas como jogos olímpicos, aeroportos ou fronteiras territoriais. Mirion Technologies está presente neste mercado, propondo uma vasta gama de instrumentos de medição que atendem os campos apresentados a seguir:



Campo médico : utilização de radiação no campo médico é cada vez mais importante. O risco devido à esta radiação é baixo, mas não é nulo e, portanto, é importante monitorá-la.



A indústria nuclear: os produtos desenvolvidos pela Mirion Technologies contemplam todas as necessidades das centrais nucleares.



A defesa civil e militar: as defesas civil e militar devem estar preparadas para detectar e solucionar potenciais riscos nucleares, químicos ou biológicos.



Segurança doméstica: Nos últimos anos, o ressurgimento de atentados terroristas aumentou a necessidade dos governos de monitorar e controlar permanentemente todas as fontes radiotivas que entram em seus territórios.

3 Especificações do projeto

3.1 Problemática

Atualmente, existem quatro categorias de dispositivos para detecção e identificação de radiação, conforme ilustrado na figura 1. A Mirion Technologies produz o PDS/ID e o SpiR-ID (destacados em vermelho) e pretende lançar em 2013, o Kappa no nicho do mercado de produtos portáteis entre \$10000 e \$15000 .

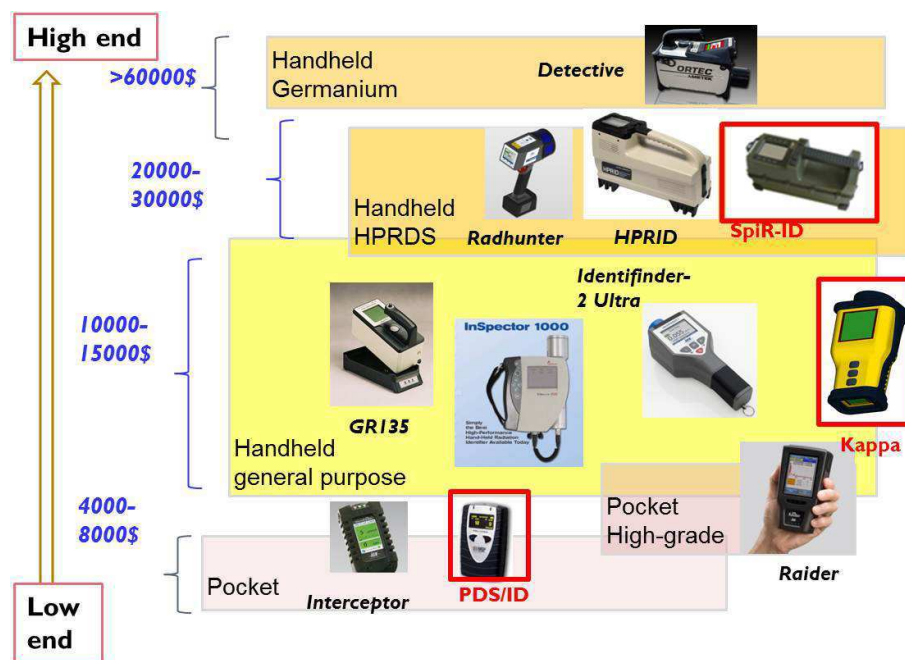


Figura 1: Mercado de aparelhos para detecção e identificação de radiação. Produtos destacados com borda vermelha são desenvolvidos pela Mirion Technologies

O Kappa consiste em um grande desafio: reunir grande parte das funcionalidade do SpiR-ID em um aparelho de dimensões 6x menores e apresentar preço competitivo para faixa do mercado de detectores entre \$10000 e \$15000. Obviamente, o alcance de detecção será reduzido visto que grande parte do volume do SpiR-ID é ocupado pelo detector de radiação. O processador, no entanto, deve ter desempenho similar ou superior ao do SpiR-ID, sendo mais moderno, consumindo menos energia e permitindo maior integração

de periféricos. Ao longo do estágio, o processador do SpIR-ID (Marvell PXA270) foi utilizado como referência para escolha do processador do Kappa.

3.2 Objetivos

O estágio concerne a etapa de pré-estudo do Kappa. Esta fase consiste em explorar todas as soluções possíveis, avaliando precisamente as diversas hipóteses. Em resumo, os objetivos do projeto são:

- Estudar a arquitetura eletrônica do produto;
- escolher os componentes como processador, módulo de gestão de energia e tela;
- definir as interfaces com as plataformas de medição existentes e com programas desenvolvidos no Windows CE.
- escrever, ao longo do estágio, um documento de pré-estudo que será utilizado pela equipe nas próximas etapas.

3.3 Descrição funcional

O Kappa trata-se de um aparelho portátil com capacidade de detecção nuclear contínua e compatível com o sistema operacional Windows Embedded. Na figura 3, são apresentados os três modelos do produto propostos pela equipe de desenho industrial. Todos três possuem os mesmos periféricos e dimensões similares. O segundo modelo, porém, apresenta um inconveniente para usuários canhotos devido ao posicionamento lateral de seus botões e, por esta razão, foi dada preferência aos outros dois modelos.

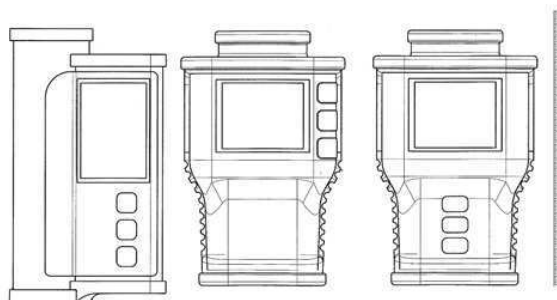


Figura 2: Modelos propostos para o Kappa

Na figura 3 é apresentada uma representação 3D de um dos modelos propostos e uma breve descrição das funcionalidades do Kappa. O aparelho possuirá duas câmeras. A principal é sensível ao toque e será utilizada quando o usuário segurar o dispositivo em suas mãos. Já a auxiliar permite o usuário, através de um cinto, fixar o aparelho à cintura e observar as informações durante a detecção contínua.

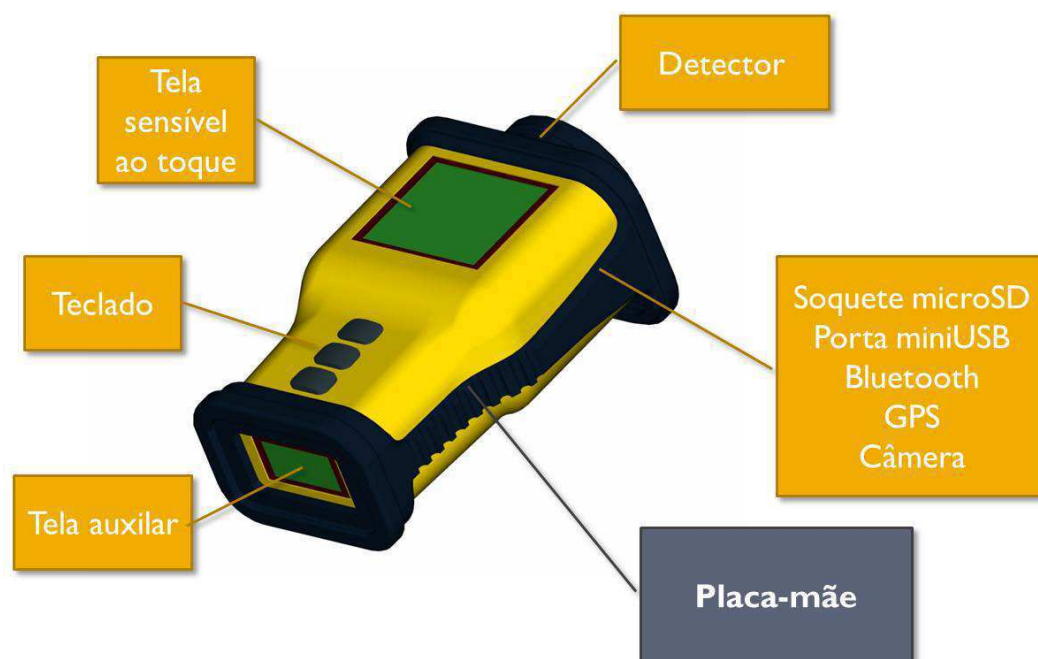


Figura 3: Kappa e suas funcionalidades

Enfim, as especificações deste produto são:

- Dimensões inferiores à 16 cm x 9 cm x 5 cm;
- Autonomia de 10h em modo ativo e 100h em modo standby;
- Ser compatível com Windows Embedded;
- Funções diversas: bluetooth, cartão MicroSD, porta MiniUSB, receptor GPS, câmera, microfone, alto-falante e um teclado de três botões;
- Uma tela principal
- Uma tela auxiliar
- Faixa de temperatura -30°C à 55°C.

Baseando-se nas especificações, num primeiro momento, o diagrama de blocos do dispositivo foi pensado conforme 4. Neste caso, o processador integra vários controladores

que asseguram a comunicação entre a CPU e os periféricos. Ao longo do relatório, diversas soluções são apresentadas e nem sempre são perfeitamente iguais a este diagrama.

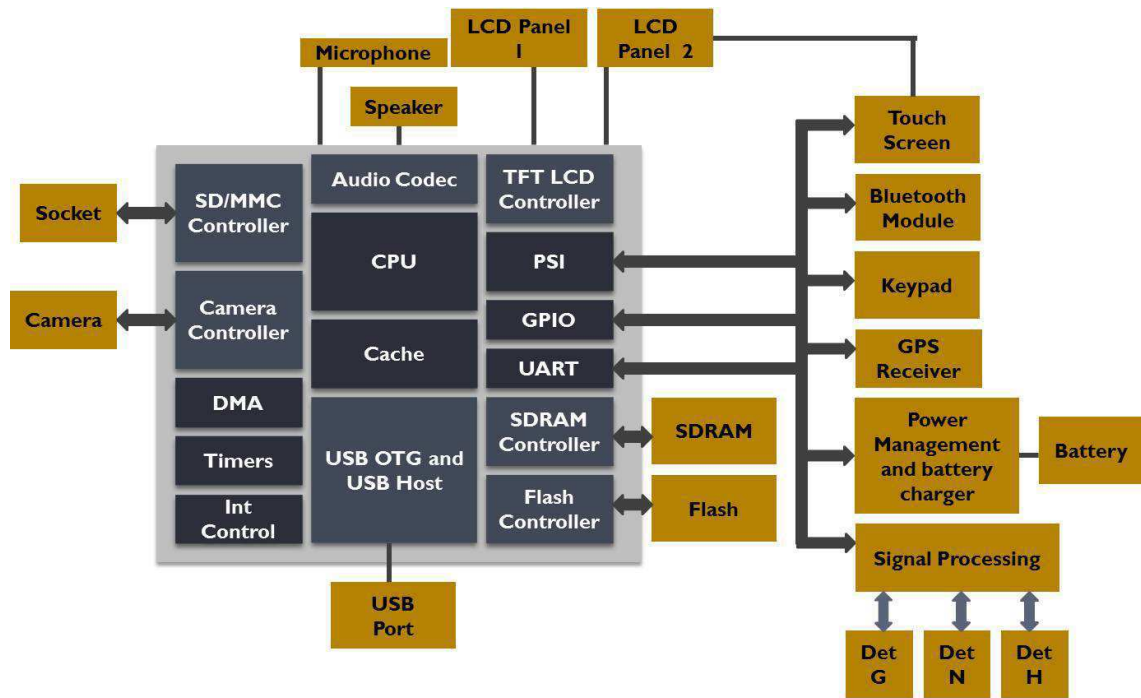


Figura 4: Diagrama de blocos do Kappa

4 *Estudo do processador*

O Kappa trata-se de um dispositivo portátil que realiza a função de detecção contínua por um período de 100h sendo alimentado por sua bateria. Portanto, a placa-mãe deve apresentar menores dimensões possíveis, além de baixo consumo para que desta forma possa utilizar a menor bateria possível. Nesta seção, é discutida a escolha do processador que é o principal componente responsável por determinar essas características, além do desempenho do sistema.

Para comparar processadores, diversos parâmetros devem ser levados em conta. Isto nem sempre é simples visto o número de situações diversas nas quais o sistema pode trabalhar. Neste relatório, é utilizado Dhystone MIPS (DMIPS) como unidade de medida de velocidade de processamento, pois DMIPS representa a performance de maneira mais significativa que os MIPS (milhões de instrução por segundo).

Ademais, como dito anteriormente, o processador do SpIR-ID (Marvell PXA270) foi como referência. Apesar de rápido, este processador encontra-se defasado e não seria interessante lançar um produto em 2013 com tecnologia lançada em 2003. O processador do Kappa deve atender às seguintes especificações:

- Gerenciar múltiplos processos em paralelo de forma rápida (frequência de operação superior a 400MHz e desempenho superior a 500DMIPS).
- Baixo consumo de energia (<300mW)
- Possibilidade de funcionar em modos de economia de energia
- Ter o máximo de controladores de periféricos integrados (ganho de área e diminuição de tempo e risco de desenvolvimento do projeto)
- Pequenas dimensões
- Estar em fase com o mercado nos próximos dez anos

- Compatível com Windows Embedded
- Preço razoável

Nenhum processador disponível no mercado atende perfeitamente todas as especificações, portanto, a solução escolhida apresenta um melhor compromisso entre todos esses parâmetros.

80% dos dispositivos embarcados utilizam núcleos ARM dotados de uma arquitetura RISC 32 bits relativamente mais simples que outras e de baixo consumo. Os diferentes processadores ARM são divididos em quatro grandes famílias conforme exposto abaixo:

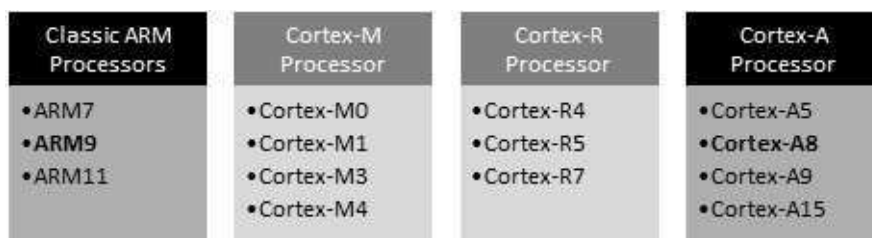


Figura 5: Processadores ARM

Os processadores ARM clássicos são: ARM7, ARM9 e ARM11. As famílias Cortex são mais modernas e foram lançadas para substituir, ao longo do tempo, os clássicos. Os ARM7 já estão caindo em desuso e novas aplicações devem substituí-los por processadores ARM9 ou Cortex.

Para o Kappa, é necessário um “processador de aplicação” que é capaz de executar múltiplas instruções em paralelo, suportar os sistemas operacionais complexos como Windows Compact Embedded e executar aplicações de áudio e vídeo. Dentre os Cortex, há os Cortex-A que são processadores de aplicação; as outras duas famílias, Cortex-M e Cortex-R, são voltados para outras gamas de produtos (tabela 1).

Tabela 1: Comparativo entre famílias Cortex ARM

	Cortex-M	Cortex-R	Cortex-A
Frequência (MHz)	50 - 300	270 - 620	300-2000
DMIPS	75 - 375	450 - 1030	1600 - 5000
Suporte WinCE	Não	Não	Sim
Aplicações	Controle de motores, gestão de energia.	Controle de driver de HD, controle automotivo	smartphones, tablets, eReaders

A família Cortex-A é composta por quatro núcleos (em ordem crescente de desempenho): Cortex-A5, Cortex-A8, Cortex-A9 e Cortex-A15. Exceto o Cortex-A8, os outros processadores permitem uma configuração multi-nuclear.

Assim que uma nova arquitetura ARM é lançada, ela entra rapidamente no mercado de aplicações de consumo (uso pessoal) onde se busca inovação. Já sua entrada no mercado industrial é mais lenta, pois a inércia dos produtos deste ramo é muito maior. Por exemplo, Cortex-A15 já é utilizada no smartphone Samsung Exynos 5250, mas ainda não é disponível a venda por nenhum fabricante de processadores industriais. O mesmo ocorre com o Cortex-A5.

Desta forma, restam somente o Cortex-A8 e Cortex-A9 que por sua vez são amplamente utilizados no mercado industrial. Existe, portanto, uma grande gama de processadores, periféricos e controladores compatíveis com esses tipos de núcleo. Na tabela 2, apresenta-se um comparativo entre os processadores Cortex-A8, Cortex-A9 e Marvell XScale PXA270.

Tabela 2: Comparativo entre processadores Cortex-A e Marvell XScale PXA270

	Cortex-A8	Cortex-A9 Single Core	Cortex-A9 Dual Core	PXA270
Frequência (MHz)	1000	830	2000 cada núcleo	624
Potência consumida (mW)	300	400	1900	480
DMIPS	2000	2075	10000	780

A evolução dos processadores ARM, em particular o desenvolvimento dos Cortex, permitiu uma grande inovação nos aparelhos portáteis de uso pessoal. Conforme tabela 2, a Família Cortex além de maior desempenho, apresenta também melhor gestão de energia comparado ao PXA270, o que é extremamente importante para uma aplicação embarcada onde a bateria precisa ser a menor possível. O Cortex-A8 atende perfeitamente as especificações, além de ser o mais econômico e por isso, seria uma boa opção para o Kappa.

Até agora, somente os processadores Cortex foram analisados por serem mais moderno, mas tratando-se de uma aplicação industrial que não demanda recursos gráficos elevados, um processador ARM clássico também poderia ser utilizado.

Conforme tabela 3, os processadores ARM9 e ARM11 também atendem às especificações quanto ao desempenho e consumo do Kappa. O ARM11, porém, tem como

Tabela 3: Comparativo entre processadores ARM clássicos e PXA270

	ARM9	ARM11	PXA270
Frequência (MHz)	517	772	624
Potência consumida(mW)	121,5	160	480
DMIPS	568,7	965	780

concorrente direto o Cortex-A8 e, portanto, corre o risco de não permanecer em fase com o mercado nos próximos anos. O ARM9 ocupa um outro nicho do mercado, de aplicações industriais onde a exigência gráfica é menor. Os fabricantes de processadores ARM9 garantem uma perenidade de no mínimo 15 anos para esse núcleo. Conclui-se, portanto, que tanto o Cortex-A8 quanto o ARM9 são compatíveis com o projeto e é apresentado nas seções seguintes uma pesquisa de mercado dos processadores baseados nesses núcleos.

4.1 Cortex-A8

Processadores baseados no Cortex-A8 são produzidos por diversas empresas, dentre as quais, as líderes mundiais Freescale e Texas Instruments. Apesar de utilizarem o mesmo núcleo, os processadores apresentam características bastante diferentes. Na tabela 4 são apresentados os quatro processadores Cortex-A8 mais utilizados no mercado industrial e que atendem as especificações.

Com exceção do iMX53x, os processadores Cortex-A8 apresentam modelos sem acelerador gráfico que são mais interessantes para o projeto. Os aceleradores gráficos são caros, consomem bastante energia e são desnecessários para o Kappa.

4.2 ARM9

Assim como o Cortex-A8, o núcleo ARM9 é também utilizado por processadores de diversas sociedades. A tabela 5 é um comparativo entre aqueles mais adequados para o projeto.

4.2.1 Solução escolhida

A escolha da melhor solução deve considerar diversos parâmetros como consumo de energia, desempenho e preço. É notório que o Cortex-A8, como um dos processadores de mais alto desempenho atualmente, satisfaz as exigências de desempenho e gestão de

Tabela 4: Comparativo entre processadores fabricados com Cortex-A8

	Texas Instruments		Texas Instruments		Marvell
Processador	OMAP 3503/15	AM 3517/05	iMX51x	iMX53x	PXA270
Frequência de operação	600 MHz	600 MHz	600 MHz	800 MHz	520 MHz
Memória cache	16KB I-Cache 16KB D-Cache 256KB L2	16KB I-Cache 16KB D-Cache 256KB L2	32KB I-Cache 32KB D-Cache 256KB L2	32KB I-Cache 32KB D-Cache 256KB L2	32KB I-Cache 32KB D-Cache
Memória interna	112KB ROM 64KB SRAM	132KB ROM 64KB SRAM	36KB ROM 128KB SRAM	64KB ROM 144KB SRAM	256KB SRAM
Periféricos	3xUART, 3xI2C, 5xMcBSP, 4xMcSPI, 6xGPIO, 3xMMC/SDIO, 1-wire, 12xGP- Timers, 2xWDT	4xUART, 3xI2C, 5xMcBSP, 4xSPI, 186xGPIO, 3xMMC/SDIO, 1-wire, 12xGP- Timers, 1xWDT	3xUART, 3xI2C, 4xSPI, 3xMMC/SDIO, 1-wire, GPT 2xWDT, 3x I2S/SSI/AC97	5xUART, 3xI2C, 4xSPI, 3xMMC/SDIO, 1-wire, GPT 2xWDT, 3x I2S/SSI/AC97	3xUART, 2xI2C, I2S, AC97, 3xSSP, MMC/SDIO
USB	2x	3x	4x	4x	2x
Quantidade de telas	≥2	≥2	≥2	≥2	1
Interface com câmera	Sim	Sim	Sim (513/515)	Sim	Sim
Acelerador gráfico	Sim (3515)	Sim (3517)	Sim(515)	Sim	Não
Preço	\$22 - \$31	\$13 -\$20	não divulgado	não divulgado	não divulgado

energia. No entanto, a especialidade da Mirion Technologie não é o desenvolvimento de produtos eletrônicos de consumo e trabalhar com uma arquitetura de tamanha complexidade demandaria muito tempo para o desenvolvimento do projeto.

O ARM9 possui uma arquitetura mais simples, é mais utilizado no mercado de aplicações industriais e atende perfeitamente as exigências quanto ao desempenho. No dia 30 de março de 2011, no "Salon de Solutions Electroniques" em Paris, vários especialistas das empresas Direct Insight, Adeneo e Phytex, desenvolvedoras de placas eletrônicas confirmaram que o ARM9 apresenta uma melhor opção para o Kappa.

Tabela 5: Comparativo entre processadores fabricados com ARM9

	Texas Instruments	Texas Instruments		Samsung	Marvell
Processador	AM1x	iMX28x	iMX27x	S3C2443	PXA270
Frequência de operação	375/456 MHz	454 MHz	400 MHz	400/533 MHz	520 MHz
Memória cache	16KB I-Cache 16KB D-Cache 128KB L2	16KB I-Cache 32KB D-Cache	16KB I-Cache 32KB D-Cache	16KB I-Cache 16KB D-Cache	32KB I-Cache 32KB D-Cache
Memória interna	128KB SRAM	128KB SRAM	128KB SRAM	-	256KB SRAM
Periféricos	3xUART, I2C, 2xMcBSP (AM1806/08/10), 2xSPI, MMC/SDIO	3xUART, 2xI2C, 2xSPI, MMC/SDIO, 3x McBSP	3xUART, 2xI2C, 2xSPI, MMC/SDIO, 3x McBSP	4xUART, 1xI2C, MMC/SDIO, SPI, I2S/AC97, 24xGPIO,	3xUART, 2xI2C, I2S, AC97, 3xSSP, MMC/SDIO
USB	2x	2x	2x	2x	2x
Sistema de telas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Interface com câmera	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Acelerador gráfico	Não	Não	Não	Não	Não
Preço	não divulgado	não divulgado	não divulgado	não divulgado	não divulgado
Outros		Touch screen, power management		power management	

5 *System on Module (SOM)*

O Kappa tem um mercado bastante restrito e sua produção não deve ultrapassar 200 peças por ano. Por este motivo, o preço do projeto tem grande peso no preço final de cada peça. Visando diminuir o custo do projeto, foi proposta a utilização de um "System on module"(SoM).

SoM é um tipo de "Single Board Computer"(SBC) que, como o nome já diz, é um computador construído numa única placa de circuito impresso. Ele integra basicamente o microcontrolador, memória RAM e controladores de entrada e saída. O SoM difere de um SBC clássico por não apresentar os conectores padrões para os periféricos de entrada e saída. O SoM precisa conectar-se, através de seus conectores globais, a uma placa de conexão que por sua vez possui os conectores padrões para se comunicar com os periféricos. Para o projeto Kappa, será desenvolvido uma placa de conexão que integre os conectores padrões e os componentes específicos para a aplicação.

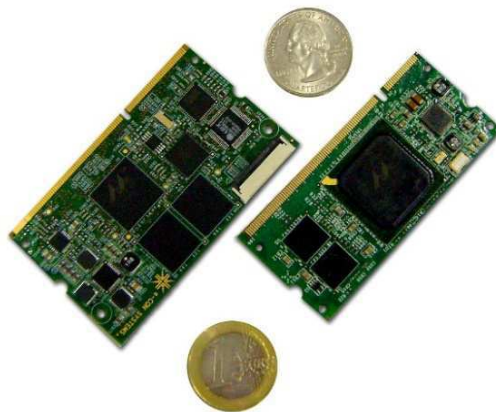


Figura 6: Processadores ARM

Diversas empresas fabricam SoMs com núcleos ARM9 ou Cortex-A8. Depois de uma minuciosa pesquisa de mercado (Apêndice A), foram encontrados dois SOMs cujas dimensões são aceitáveis para o Kappa: "Direct Insight Triton Tx28" e "LogicPD TI AM1808 SOM-M1". O primeiro utiliza o processador da Freescale iMx28, já o segundo baseia-se

no processador Texas Instruments AM1808. Contudo, o módulo fabricado pela Direct Insight oferece algumas vantagens sobre o outro. Além de menor, ele possui um driver de câmera e seu kit de desenvolvimento possui duas telas semelhantemente ao Kappa o que facilitará a fase de testes e desenvolvimento do projeto. Nenhuma dessas vantagens é decisiva para a escolha da melhor solução. De fato, a característica mais importante de um sistema embarcado é sua autonomia. Por isso, foi realizado um estudo comparativo entre os dois módulos com relação a:

- Consumo de energia
- Gestão de energia
- Carregador de bateria

5.1 Consumo de energia

Um aparelho portátil de detecção e identificação de radiação deve ser capaz de se manter em modo ativo por no mínimo 10h. Duas simulações de consumo referentes a cada módulo foram realizadas para o seguinte cenário:

- Frequência de operação do processador=450MHz;
- tela e backlight ligados;
- processador acessa memória RAM e cartão SD;
- alto-falante em funcionamento 5 min/hora;
- microfone em funcionamento 10s /hora;
- câmera em funcionamento 10s /hora;
- bluetooth e GPS podem ser utilizados esporadicamente.

Para simulação do consumo utilizou-se como referência planinhas disponibilizadas pelos respectivos fabricantes dos processadores TI AM18x e Freescale iMx28 (Apêndice B) e datasheets da tela OPTREX 3,5"color TFT-LCD com sensores capacitivos, cartão MicroSDHC Toshiba, câmera Leopard LI-VM01CM, módulo bluetooth TI low energy e módulo GPS NAVMAN Jupiter 32 xLP.

		Potência consumida(mW)			% utilização	Potência consumida no cenário especificado (mW)			Comentários
		Min	Max	Typ		Min	Max	Typ	
Configuração básica	Processador AM18x	491,15	629,28	491,15	100	491,15	629,28	491,15	min: @360MHz/ max: @456MHz
	Tela		59,4	36,3	100	0	59,4	36,3	
	Circuito de aquisição de dados	20	80	20	100	20	80	20	
	Cartão MicroSD	198	264	198	100	198	264	198	
	Alto-falante				8,33	0	0	0	
	Câmera	60	90	80	0,28	0,168	0,252	0,224	
	Microfone				0,28	0	0	0	
	Potência fornecida pelo PMIC	749,15	1042,68	805,45		689,318	952,932	725,674	
	Rendimento dos conversores DCDC	70%				70%			
	Potência fornecida pela bateria	Potência Transmitida ao PMIC	1070,21	1489,54	1150,64		984,74	1361,33	1036,68
Potência consumida pelo backlight		0	390	300		0	390	300	
Componentes externos extras		0	0	0		0	0	0	
Total		1070,21	1879,54	1450,64		984,74	1751,33	1336,68	

Tabela 6: Simulação da potência consumida pelo sistema utilizando o processador **TI AM18**. As células de fundo branco são relacionadas a potência consumida pelos componentes sendo a porcentagem de utilização relacionada ao parâmetros especificados do cenário. A potência total consumida por esses componentes são fornecidas pelo "Power management IC" e está especificada nas células cinzas. Finalmente as células laranjas correspondem a toda potência fornecida pela bateria

Com o processador da Texas Instruments **AM18x** (Tabela 6), a potência consumida seria **1,3W** e, portanto, para uma autonomia de 10h, a capacidade mínima da bateria seria **13Wh**.

Já com o processador da Freescale **iMx18** (Tabela 7), a potência consumida seria **1,7W** e, portanto, para uma autonomia de 10h, a capacidade mínima da bateria seria **17Wh**.

De fato, estas simulações não podem ser decisivas para a escolha do módulo visto que o cenário descrito é simplificado e as planilhas do processador Freescale não permitem muitos detalhes na configuração. Porém, é um parâmetro a ser considerado e em conjunto com outras características ajudou na escolha da solução mais adequada.

		Potência consumida(mW)			% utilização	Potência consumida no cenário especificado (mW)			Comentários
		Min	Max	Typ		Min	Max	Typ	
Configuração básica	Processador iMx28	785,59	1100,67	785,59	100	785,59	1100,67	785,59	min: @360MHz/ max:@456MHz
	Tela		59,4	36,3	100	0	59,4	36,3	
	Circuito de aquisição de dados	20	80	20	100	20	80	20	
	Cartão MicroSD	198	264	198	100	198	264	198	
	Alto-falante				8,33	0	0	0	
	Câmera	60	90	80	0,28	0,168	0,252	0,224	
	Microfone				0,28	0	0	0	
	Potência fornecida pelo PMIC	1043,59	1514,07	1099,89		983,758	1424,322	1020,114	
	Rendimento dos conversores DCDC	70%				70%			
	Potência fornecida pela bateria		1490,84	2162,96	1571,27		1405,369	2034,746	1457,3057
		0	390	300		0	390	300	300
		0	0	0		0	0	0	0
		1490,84	2552,96	1871,27		1405,369	2424,746	1757,3057	1336,68

Tabela 7: Simulação da potência consumida pelo sistema utilizando o processador **TI iMx28**. As células de fundo branco são relacionadas a potência consumida pelos componentes sendo a porcentagem de utilização relacionada ao parâmetros especificados do cenário. A potência total consumida por esses componentes são fornecidas pelo "Power management IC" e está especificada nas células cinzas. Finalmente as células laranjas correspondem a toda potência fornecida pela bateria

5.2 Módulo de gestão de energia

A potência consumida por um dispositivo semi-condutor é composta por duas partes, dinâmica e estática, da seguinte forma

$$P_{total} = P_{dinamica} + P_{estatica} \quad (5.1)$$

A potência dinâmica, consumida quando o dispositivo está em modo ativo, é dada por:

$$P_{dinamica} = capacitancia \times voltagem^2 \times frequencia \quad (5.2)$$

Portanto, a potência dinâmica varia em função da frequência do clock e da tensão ao quadrado. Logo, uma maneira de economizar energia é baixar a frequência e tensão de operação do Kappa quando em modo de detecção contínua.

A potência estática, no entanto, é independente da frequência e varia em função da corrente de fuga, que depende do processo de fabricação do dispositivo.

O módulo de gestão de energia é fundamental para otimização do gasto energético do sistema, controlando a frequência de operação do dispositivo de acordo com o desempenho exigido para realização de diferentes funções.

O processador Freescale iMx28 utilizado no SOM da Direct Insight integra um módulo de gestão de energia enquanto o processador TI AM18x necessita de um "Power management IC"(PMIC) externo.

5.2.1 Gestão de energia do SOM LogicPD AM18

A gestão de energia é realizada por um módulo externo ao processador: TPS65070. Trata-se de um CI que integra três conversores DC/DC e dois LDO para alimentar o processador, as entradas/saídas e memórias. Além disso, o TPS65070 integra o carregador de bateria, o controle de touch screen e backlight. De forma geral, este módulo apresenta diversas funções e utiliza diversas técnicas em prol da autonomia do aparelho.

A principal técnica de gestão de energia é a "Dynamic Voltage and Frequency Scaling"(DVFS) que diminui a tensão e a frequência afim de minimizar o tempo de inatividade do sistema. DVFS ajusta a tensão e a frequência de acordo como desempenho necessário reduzindo a potência dinâmica consumida.

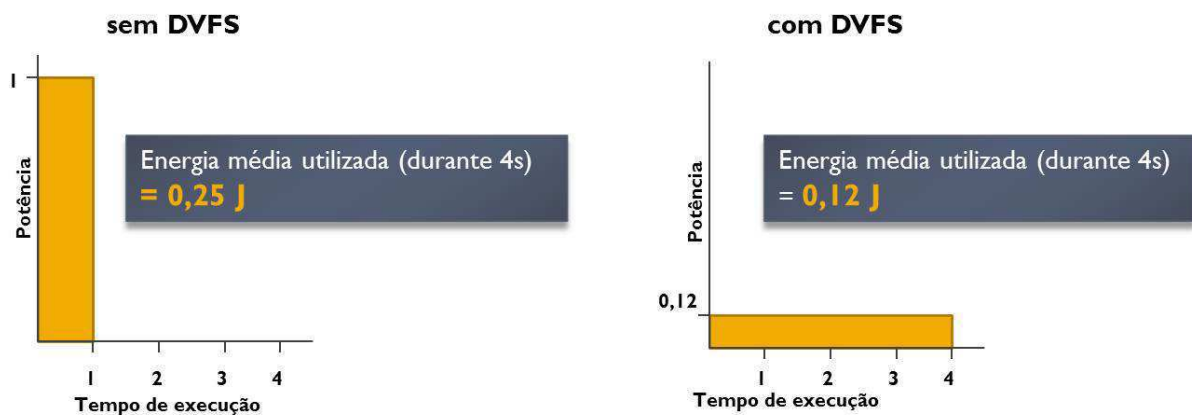


Figura 7: Comparação entre potência consumida na execução de um processo com e sem uso da técnica DVFS

Na figura 7 é apresentado um comparativo entre as potências consumidas por um mesmo processo quando executado a frequência e tensão máximas (sem DVFS) e quando executado a frequência e tensão ótimas (com DVFS). Se uma tarefa que deve terminar em 4 segundos é executada a frequência e tensão máximas, ela será terminada em 1s e o sistema passará 3s em modo de espera. Utilizando a técnica DVFS, a frequência de funcionamento é reduzida a um nível ótimo de maneira que a tarefa será executada em 4s, mas o consumo é reduzido.

As outras técnicas de economia de energia permitem controlar a alimentação do clock, dos PLL e do núcleo do processador de tal sorte que o dispositivo trabalhe em diferentes modos de operação.

5.2.2 Gestão de energia do SOM Direct Insight iMx28

Diferentemente do processador TI AM18x, o processador iMx28 integra o módulo de gestão de energia e o carregador de bateria. No entanto, as técnicas de gestão de energia são básicas sendo a principal a diminuição da frequência de operação dos clocks afim de economizar energia enquanto o processador espera uma interrupção.

5.3 Carregador de bateria

Associado ao sistema de gestão de energia, o sistema de carregamento de bateria já é integrado ao SOMs LogicPD AM18 e Triton iMx28. Para as células de bateria Li-Ion, o carregamento é feito em duas etapas da seguinte maneira:

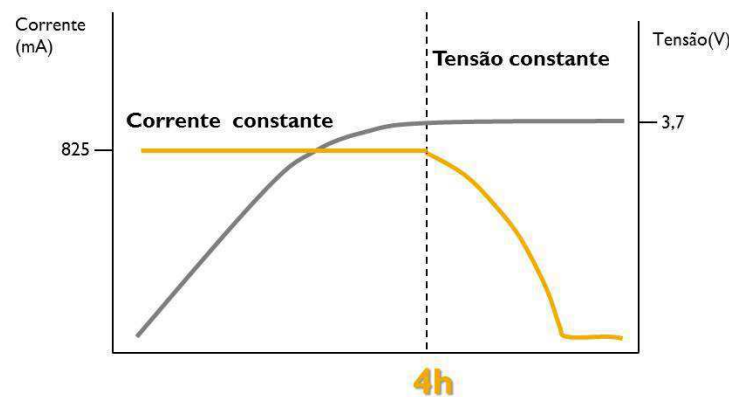


Figura 8: Carregamento da bateria em duas etapas

Na primeira etapa, a corrente de carga máxima é aplicada até que o limite de tensão

da bateria seja atingido. Neste ponto, a bateria está por volta de 75% carregada e a corrente aplicada começa a diminuir enquanto a tensão aplicada é mantida constante.

Para o aparelho Kappa, a bateria será de aproximadamente 15Wh (4Ah/3,7V) e deve terminar esta primeira etapa em menos de 4h, de tal sorte que

$$Correntedecarga \geq \frac{4Ah \times 0,75}{4h} = 0,75A \quad (5.3)$$

Logo, o carregador de bateria deve fornecer uma corrente de carga superior a 0,75 A. Na tabela abaixo, são apresentadas as correntes de carga máximas de ambos os SOMs

Tabela 8: Correntes de carga máximas dos SOMs

	Corrente de carga máxima (mA)
DirectInsight Triton iMx28	735
LogicPD Torpedo AM18	1500

O SOM Direct Insight Triton iMx28 não fornece a corrente de carga necessária especificada e demoraria 5 minutos a mais do que o limite de 4h. Já o SOM LogicPD Torpedo AM18x fornece uma corrente de carga de até 1,5 A e poderia finalizar a primeira etapa de carregamento da bateria em apenas 2h.

5.4 A solução escolhida

De fato, os dois grandes desafios no projeto de uma arquitetura embarcada são dimensão e autonomia. Essas duas características, por sua vez, estão fortemente ligadas aos parâmetros utilizados na comparação dos SOMs desenvolvidos pela LogicPD e Direct Insight apresentados na figura 9 em tamanho real.



(a) SOM LogicPD Torpedo AM18x



(b) SOM Direct Insight Triton iMx28

Figura 9: Fotografia dos SOMs comparados

A diferença de tamanho entre as duas placas não é significativa, porém a depender das funcionalidades integradas a elas, a placa de conexão poderá ser maior ou menor. No

caso do SOM Direct Insight Triton iMx28 cuja corrente de carga fornecida não atinge as especificações, a placa de conexão deve integrar um circuito externo carregador de bateria que ocupa bastante espaço.

Em termos de consumo energético, o SOM LogicPD Torpedo AM18 é também superior visto que apresenta diversas técnicas de gestão de energia permitindo que o aparelho trabalhe em diversos modos de operação além de apresentar menor consumo no cenário típico simulado.

Finalmente, concluiu-se que o **SOM LogicPD Torpedo AM18 é globalmente uma melhor solução para o projeto**. Seu diagrama de blocos simplificado é mostrado abaixo:

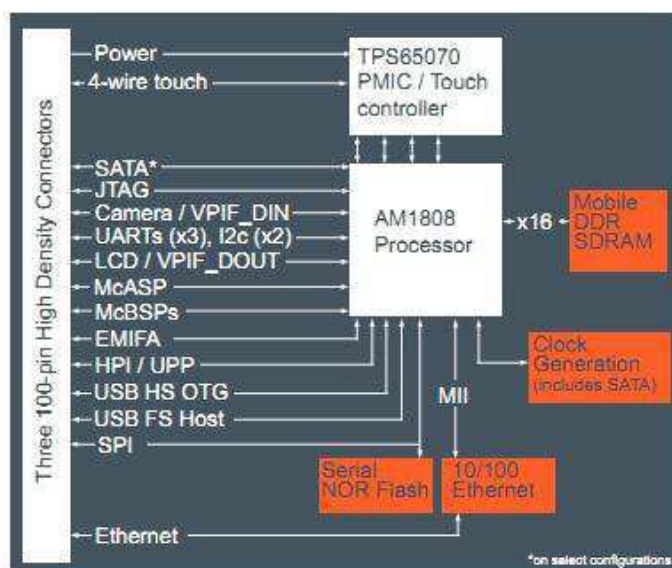


Figura 10: Diagrama de blocos do SOM LogicPD Torpedo AM18x

O seu kit de desenvolvimento é composto pelo SOM, uma "application baseboard", uma "user interface board", uma tela LCD e outros acessórios que permitem a utilização imediata do sistema. A "user interface board" possui uma tela auxiliar LCD de 48 caracteres o que ajudará bastante nas próximas etapas de desenvolvimento do projeto visto que o Kappa possuía duas telas. Outra característica muito importante é que o Kit é compatível com WinCE6.0. Em posse do kit, a equipe poderá medir o consumo energético do sistema, estimar a autonomia do Kappa e desenvolver os primeiros aplicativos básicos do produto.



Figura 11: Kit de desenvolvimento do SOM LogicPD Torpedo AM18x

6 Placa de conexão

A placa de conexão integra todos os componentes e conectores padrões que não estão presentes no SOM. Nesta etapa de pré-estudo, foram definidos seu diagrama de blocos e alguns de seus componentes (figura 12). No entanto, o projeto da placa somente será definitivo após a etapa de testes realizada com o Kit de desenvolvimento.

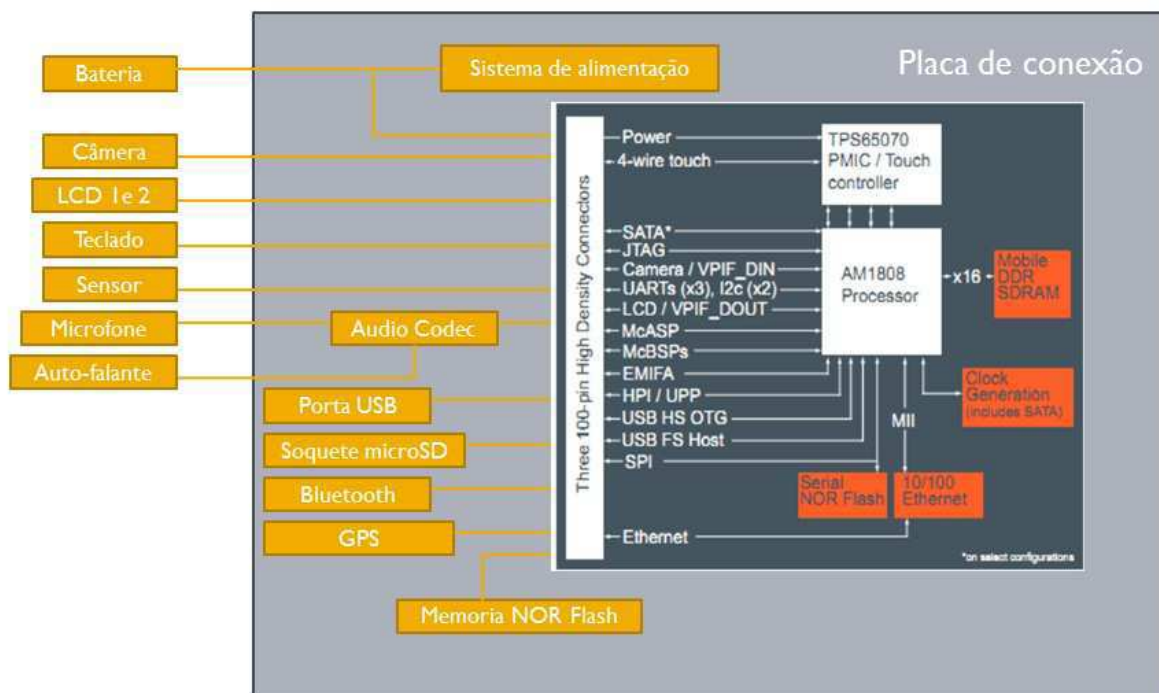


Figura 12: Diagrama de blocos simplificado do sistema final SOM+placa de conexão

6.1 Sistema de alimentação

Para dimensionar o sistema de alimentação elétrica de um circuito eletrônico, deve-se conhecer as tensões de funcionamento dos componentes.

6.1.1 Requisitos elétricos do processador

Os requisitos elétricos do processador AM18x são os seguintes:

	Pin Name	Voltage	I _{MAX}
I/O	RTC_CVDD	1.2 V	1 mA
Core	CVDD	1.0 V / 1.1 V / 1.2 V	600 mA
I/O	VDDARNWA., VDDARNWA1, PLL0_VDDA, PLL1_VDDA, SATA_VDD, USB_CVDD, USB0_VDDA12	1.2 V	200 mA
I/O	USB0_VDDA18, USB1_VDDA18, DDR_DVDD18, SATA_VDDR, DVDD18	1.8 V	180 mA
I/O	USB0_VDDA33, USB1_VDDA33	3.3 V	24 mA
I/O	DVDD3318_A, DVDD3318_B, DVDD3318_C	1.8 V / 3.3 V	50 mA / 90 mA

Tabela 9: Requisitos de alimentação do processador AM18x

O PMIC TPS65070 integrado ao SOM possui três conversores que são responsáveis por fornecer a alimentação elétrica para o núcleo, memórias e sistema de entradas e saídas do processador. Além disso, o PMIC possui também dois LDO que podem fornecer 200mA cada.

As conexões entre o processador e o PMIC (Apêndice C) resultam na seguinte configuração elétrica:

Rail	Voltage	Converter
RTC_CVDD	1.2 V	External LDO
CVDD	1.2 V	DCDC3
USB0_VDDA33, USB1_VDDA33	3.3 V	DCDC1
DVDD3318_A, DVDD3318_B, DVDD3318_C	3.3 V / 1.8 V	DCDC2
VDDARNWA., VDDARNWA1, PLL0_VDDA, PLL1_VDDA, SATA_VDD, USB_CVDD, USB0_VDDA12	1.2 V	LDO2
USB0_VDDA18, USB1_VDDA18, DDR_DVDD18, SATA_VDDR, DVDD18	1.8 V	LDO1

Tabela 10: Configuração entre o processador AM18x e o PMIC TPS65070

Observa-se que como o processador utiliza toda capacidade dos dois LDO, será necessário alimentar os outros componentes da placa de conexão por reguladores externos.

6.1.2 Requisitos elétricos dos periféricos

Para alimentar os periféricos da placa elétrica, serão utilizados dois reguladores LDO externos de 3,3 V e 1,8 V como na figura 13. O CI TPS73070 é um LDO cuja voltagem

de saída é ajustável entre 1,2 e 5,5 V; a voltagem de entrada pode ser entre 2,5 e 5,5 V; e a corrente máxima de saída é 2,2 A.

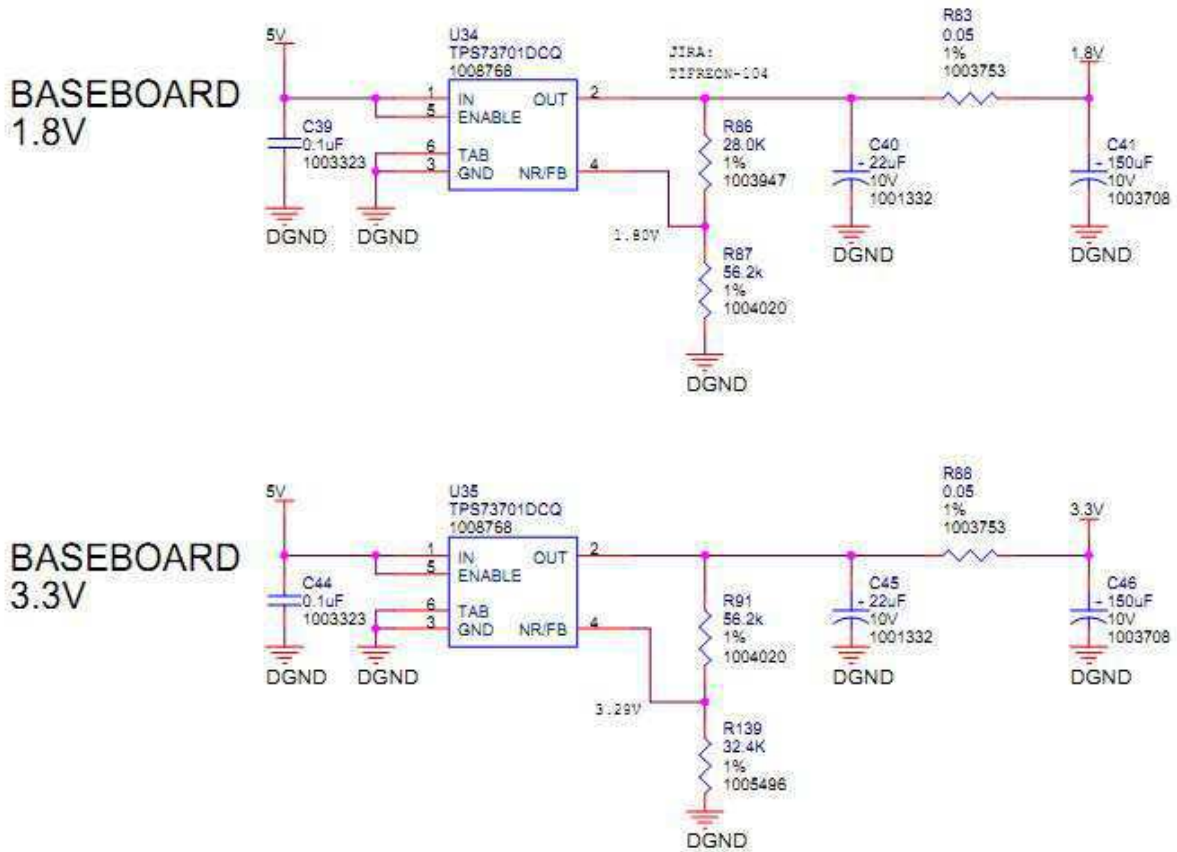


Figura 13: Esquemático do sistema de alimentação

6.2 Bateria

Para aplicações embarcadas, as células de bateria mais utilizadas são de lithium-ion ou lithium-polymer. Conforme os cálculos feitos anteriormente, o pack de bateria deve ter uma capacidade mínima de 13Wh. Com base nisso, foi escolhido um pack de bateria de lithium-ion com as seguintes especificações.

- Tensão de saída: 3,7 V;
- Capacidade: 4,4 Ah
- Dimensões: 40 mm x 70 mm x 30 mm
- Peso: 92g

7 Conclusões

O objetivo deste estágio foi estudar a arquitetura do dispositivo Kappa e determinar seus diferentes componenetes. Para tanto, foi feito um levantamento de mercado para sistemas eletrônicos embarcados, considerando os principais pontos críticos da aplicação. A estagiária teve oportunidade de ir a um Salão de Soluções Eletrônicas em Paris, onde conversou com engenheiros experientes e conheceu novas tecnologias.

De maneira global, o estágio foi bastante positivo permitindo o desenvolvimento das capacidades da aluna de avaliar um problema, propôr soluções e tomar decisões. Além disso, conhecer a dinâmica da indústria foi primordial nesta etapa final de sua formação. No entanto, por não ter sido realizado em uma empresa especializada em desenvolvimento de circuitos elétricos, a equipe possuía pouca experiência no desenvolvimento de projetos eletrônicos o que acarretou num tempo elevado para pesquisa de mercado e desenvolvimento do projeto do produto.

O produto deverá ser lançado no ano de 2013 e a próxima etapa consistirá em desenvolver os programas com o "Evaluation Board" e avaliar se o sistema atende as exigências do Kappa. Em caso positivo, a placa de conexão será desenvolvida e testada até o início de 2013.

8 *Referências Bibliográficas*

[1] ARM. *Cortex-A8 Technical Reference Manual*. Revisão r0p1. 30 de setembro de 2010, 247 p.

[2] ARM. *ARM926EJ-S Technical Reference Manual*. Revisão r0p5. 16 de junho de 2008, 236 p.

[3] ARM. *ARM Processor* [on line]. Disponibilizado em <<http://www.arm.com/products/process>> (Consultado em 01.03.2011)

[4] Texas Instruments. *OMAP35x Applications Processor Technical Reference Manual*. Version L. Novembro 2010, 3444 p.

[5] Texas Instruments. *AM35x Applications Processor Technical Reference Manual*. Version B. Julho 2010, 2742 p.

[6] Freescale. *MCIMX51 Multimedia Applications Processor Reference Manual*. Rev 1. Fevereiro 2010, 4020 p.

[7] Freescale. *IMx53 Multimedia Applications Processor Reference Manual*. Rev 1A. Março 2011, 4020 p.

[8] Freescale. *IMx28 Applications Processor Reference Manual*. Rev 1. 2010, 2327 p.

[9] Freescale. *MCIMX27 Multimedia Applications Processor Reference Manual*. Rev.0.3. Dezembro 2011, 4020 p.

[10] Texas Instruments. *AM1806 Microprocessor System Reference Guide*. Março 2010, 1720 p.

[11] Direct Insight. *Windows CE, Linux ARM System on Module*. Disponibilizado em <<http://www.directinsight.co.uk/products/karo/karo-xscale-board.html>> (Consultado em 13.04.2011)

[12] Logic PD. *Products / Logic PD*. Disponibilizado em <<http://www.logicpd.com/products>>

(Consultado em 20.04.2011)

APÊNDICE A – Pesquisa de mercado: SOMs e Evaluation boards

	Digi	Direct Insight			Phytec			
	ConnectCore iMx51	Triton Tx51	Triton Tx27	Triton Tx28	Phycard-L	Phycard-S	Phycore-AM35xx	Phycore-iMx27
CPU	Freescale iMx515 @ 600MHz	Freescale iMx515 @ 600MHz	Freescale iMx27 @ 400 MHz	Freescale iMx287 @ 454 MHz	TI OMAP 3505/17 @ 600MHz	Freescale i.MX27	TI AM 3517 @ 600MHz	Freescale i.MX27
Architecture	Cortex-A8	Cortex-A8	ARM9	ARM9	Cortex-A8	ARM9	Cortex-A8	ARM9
Mémoire	Up to 8GB NAND Flash	128MB NAND Flash	128MB NAND Flash	128MB NAND Flash	256 MB DDR2	32...512 MB DDR	256/512MB DDR2	128/256DDR
	UP to 512MB DDR2	128 MB DDR2	128 MB DDR2	128 MB DDR2	up to 1024 MB NAND Flash	128...1024 MB NAND	256MB NAND	up to 1GB NAND Flash
USB	3x Host port + 1x OTG port	1x Host port + 1x OTG port	1x Host port + 1x OTG port	1x Host port + 1x OTG port	1x Host port + 1x OTG port	1x Host port + 1x OTG port	1x Host port + 1x OTG port	1x Host port + 1x OTG port
LCD Interface	2x (1024x768)	1x (1280x768)	1x	1x (800x480)	1x (640x480)	Yes	Yes	Yes
Camera Interface	2x	2x	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Ethernet	10/100Mbps	10/100Mbps	10/100Mbps	10/100Mbps	10/100Mbps	10/100Mbps	10/100Mbps	10/100Mbps
MMC/SD/SDIO	4x	2x	2x	2x	1x	1x	3x	1x
Touch Screen Controller	Yes	No	No	Yes	No	No	Yes	Yes
Power Management	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Serial Interface	3xUART, CSPI, 3x I ² S/AC97/SSI, 3x I ² C, 1-wire, GPIO available	3xUART, SPI, I ² S/AC97/SSI, I ² C, 1-wire, GPIO	5xUART, 2xSPI, 2xI ² S/AC97/SSP, I ² C, 1-wire, GPIO	5xUART, SPI, I ² S/AC97/SSP, 2x I ² C, GPIO, JTAG	AC97 interface, I ² C, 1-wire, UART, SPI, 3x GPIO	AC97 interface, I ² C, 1x SPI, UART, 3x I ² C, 4x SPI, 3x UART, 5x BSP	AC97 interface, 3x I ² C, 4x SPI, 3x UART, 2x I ² C, UART, SPI	2x I ² C, UART, SPI
Keypad Controller	8x8 matrix	Yes	Yes	Yes	No	No	No	8x8 matrix
Audio Codec	No	No	No	No	No	No	Yes	Yes
Dimensões	50 mm x 82 mm	26 mm x 68 mm	26 mm x 68 mm	26 mm x 68 mm	60 x 60 mm	60 x 60 mm	58 x 72 mm	60 x 84 mm
Preço	-	€ 81	€ 199 (-40% - 85%)	€ 199 (-40% - 85%)	-	-	-	-
Comments	muito grande	não possui "power management"	processador antigo e lento não possui "power management"	Processador de maior longevidade Não tem interface para câmera	muito grande	muito grande	muito grande	muito grande

Tabela 11: Comparativo entre SOMs baseados em Cortex-A8 e ARM9 - Parte 1

	TechNexion		Compulab		LogicPD	
	TAO-3530	TAM-3517	CM-3517	CM-3517	TI AM1808 SOM-M1	OMAP35x Tordedo SOM
CPU	TI OMAP 3530 @ 600MHz	TI AM 3517 @ 600MHz	TI AM 3505/17 @ 600MHz	TI OMAP3503/30 @ 600MHz	TI AM1808 @ 450MHz	TI OMAP3503/30 @ 600MHz
Architecture	Cortex-A8	Cortex-A8	Cortex-A8	Cortex-A8	ARM9	Cortex-A8
Mémoire	128MB mDDR	256MB DDR2	256 MB DDR2	256 MB DDR2	128 MB mDDR	256 MB DDR2
	256MB NAND	256MB NAND	512 MB NAND	512 MB NAND	8 MB NOR Flash	512 MB NAND
USB	1x Host port + 1x OTG port	1x Host port + 1x OTG port	4x Host port + 1x OTG port	2x Host port + 1x OTG port	1x Host port + 1x OTG port	1x OTG port
LCD Interface	Yes	Yes	1x (1400x1050)	1x (1400x1050)	1x	1x
Camera Interface	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Ethernet	10/100Mbps	10/100Mbps	10/100Mbps	10/100Mbps	10/100Mbps	10/100Mbps
MMC/SD/SDIO	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Touch Screen Controller	No	No	Yes	Yes	Yes	No
Power Management	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Serial Interface	SPI, UART, I ² C, 1-wire	UART, I ² C, SPI, McBSP	4xUART, CAN, SPI, I ² C, GPIO	3xUART, CAN, SPI, I ² C, GPIO	3xUART, 2x I ² C, McBSP, McASP	3xUART, 2xMcBSP, 2xSPI, 2xI ² C
Keypad Controller	6x6 matrix	No	Oui	Oui	non	4x4
Audio Codec	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No
Dimensões	35mm x 63.5 mm	50 mm x 68 mm	44 x 66 mm	44 x 66 mm	40 x 30 mm	27 x 15 mm
Preço	-	-	\$ 282	\$ 265,5	€198,17 (-40° -85°)	€218,60 (-40° -85°)
Comments	Nunca obtivemos resposta do fabricante e, portanto, temos poucas informações	muito grande	apresenta as funções necessarias		Menor placa com ARM9	Melhor opção dentre os Cortex-A8, pois apresenta todas funções necessarias e pequenas dimensões
			Mesma sociedade que produz a placa do SPIR-ID		Pouca memoria	

Tabela 12: Comparativo entre SOMs baseados em Cortex-A8 e ARM9 - Parte 2

	Digi	Direct Insight	Phytec	
Development Kit	JumpStart Kit	Triton-TX StarterKit-5	PhyBASE	Phycore-iMx CB
SoM available	ConnectCore iMx51 ConnectCore 9M 2443	Triton iMx27 Triton iMx28 Triton iMx51	Phycore-L S	Phycore- Phycore-iMx27
Camera Interface	Yes	No	Yes	Yes
LCD Interface	Yes (Display 7" optional)	Yes (optional display)	Yes	Yes
USB Port	4x Host port + 1x OTG port	1x Host port + 1x OTG port	3x Host port + 1x OTG port	1x Host port
SD/ MMC	1x SD/MMC slot + 1x MicroSD slot	2x SD Slot	1x SD/MMC slot	1x
Serial Port	3x	2x	1x	1x
Ethernet	1x	1x	1x	1x
Audio System	Yes	Yes	Yes	Yes
Voltage Supply	9-30 VDC	5VDC	9 - 36 VDC	5 VDC
Operation System	WinCE 6.0 ou WinCE 7.0	WinCE 6.0 ou WinCE 7.0	WinCE 6.0	WinCE 6.0
BSP	Yes	Yes	Yes	Yes
Other	VGA output I ² C/SPI headers 1-wire connector HDMI GPIO screw terminal Push buttons User LEDs Battery JTAG connector	VGA output Push Butons		CAN interface Push butons user LED's Compact Flash slot JTAG interface
Price	€594 (Cortex-A8) €405.70 (ARM9)	£895 (iMx27) £1095 (iMx28) £995 (iMx51)	€550 (Cortex-A8) €450 (ARM9)	€ 595

Tabela 13: Comparativo entre *Evaluation boards* baseados em Cortex-A8 e ARM9 - Parte 1

	TechNexion		Compulab	LogicPD	
Development Kit	Thunder	Twister	SB-T35	ZOOM AM1808 EVM	Zoom OMAP35x Tordedo
SoM available	TAO-3530	TAM-3517	CM-3517 T3530	CM-TI AM1808 SOM-M1	OMAP35x Tordedo SOM
Camera Interface	Yes	Yes	Yes	Yes	
LCD Interface	Yes (Display 4.3")	Yes (Display 4.3" or 7")	yes	4.3" LCD panel 48-character LCD panel	4.3" LCD panel included
USB Port	2x Host port + 1x OTG port	3x Host port + 1x OTG port	3x Host port + 1x OTG port	1x Host port + 1x OTG port	3x Host port + 1x OTG port
SD/ MMC	SD slot	microSD slot	SD slot	1x SD/MMC slot	2x SD/MMC slot
Serial Port	no	no	3x	1x	Yes
Ethernet	1x	2x	2x	2x	1x
Audio System	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Voltage Supply	5VDC	12VDC	5V	5V	5V
Operation System	WinCE 6.0	WinCE 6.0	WinCE	WinCE 6.0	WinCE 6.0
BSP	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Other		SATA connector		8MB NOR Flash 512MB NAND Flash Push Butons	
Price			\$415.5 (CM-3517) \$432 (CM-3530)	\$1150	\$995

Tabela 14: Comparativo entre *Evaluation boards* baseados em Cortex-A8 e ARM9 - Parte 2

APÊNDICE B - Consumo de processadores

Os fabricantes Freescale e Texas Instruments disponibilizam planilhas excel configuráveis para simulação do consumo dos processadores. Selecionando alguns parâmetros, foi obtido o consumo dos processadores quando em frequência máxima de operação (450 Hz) e em frequência típica (360 Hz). Esses valores foram utilizados nas tabelas 6 e 7.

AM18x Power Spreadsheet													
November 2010 - Rev C													
CVDD	RVDD	DVDD	Junction Temp	CLKIN	PLL0	PLL1	Device Frequency	CVDD (mW)	RVDD (mW)	Static (mW)	IO18 (mW)	IO33 (mW)	Total (mW)
	1.3 V		25	24	PLL Enabled	PLL Enabled	456	110,9					
Modules	Frequency	Status	%Utilization	%Writes	%Switch	Other	Trace (In.)						
ARM MMIO	456	High Activity											110,9
PRUSS	0	Disabled											0,0
EMIFA	150	Disabled											0,0
DDR2/mDDR	205,71	Enabled	100	50	50	0	0	47,2			147,7		194,9
EDMA3_0 CC0		Enabled						1,3					1,3
EDMA3_0 TC0		Enabled						0,4					0,4
EDMA3_0 TC1		Enabled						0,4					0,4
EDMA3_1 CC0		Disabled											0,0
EDMA3_1 TC0		Disabled											0,0
EMAC	10	Disabled	0										0,0
LCDC	20	Enabled	100					2,4			3,9		6,3
VPIF	48	Enabled	100					14,0			30,8		44,8
USB1.1		Disabled											0,0
USB2.0		Disabled											0,0
SATA		Disabled											0,0
UPP	0	Disabled	0										0,0
MCASP0	24	Enabled	100					6,7			15,9		22,5
MCBSP0	0	Disabled	0										0,0
MCBSP1	0	Disabled	0										0,0
MMCSDB0	20	Enabled	100	50				22,5			13,6		36,1
MMCSDB1	0	Disabled	0	0									0,0
SPI0	27	Enabled	50	50				3,2			1,3		4,4
SPI1	0	Disabled	0	0									0,0
I2C0	0	Disabled	0	0									0,0
I2C1	0	Disabled	0	0									0,0
Timer0	0	Disabled	0										0,0
Timer1	0	Disabled	0										0,0
Timer2	0	Disabled	0										0,0
Timer3	0	Disabled	0										0,0
ECAP0	0	Disabled	0										0,0
ECAP1	0	Disabled	0										0,0
ECAP2	0	Disabled	0										0,0
EHRPWM0	0	Disabled	0										0,0
EHRPWM1	0	Disabled	0										0,0
UART0	0,000	Disabled	0										0,0
UART1	0,000	Disabled	0										0,0
UART2	0,000	Disabled	0										0,0
UHP1	0	Disabled	0	0									0,0
GPIO	18,750	Enabled	50					5,0			0,8		5,8
RTC		Enabled								0,21			0,2
Activity								213,97	0,00	0,21	214,0	0,0	428,19
Baseline								181,2	3,9	12,8	2,9	0,3	201,1
TOTAL								395,15	3,92	13,00	216,9	0,3	629,28
PLLs+CLKTREE								156,5	0,0	11,5			168,0
PLL0								88,4	0,0	5,8			94,1
PLL1								41,8	0,0	5,8			47,6
CLKTREE								26,3	0,0	0,0			26,3
Leakage								24,7	3,9	1,3	2,9	0,3	33,1

Tabela 16: Consumo do processador TI AM18x à 456 MHz

INSTRUCTIONS		LEGEND	
Enter configuration options into yellow cells. Select "INCLUDE" or "EXCLUDE" to include/exclude each power in the summary. Note that some powers are Internal (on-chip) and some are External (off-chip) - consult legend to the right for color-coding. The number in parenthesis following the power (e.g., (L) or (B)) corresponds to the system diagram (scroll to the bottom to see diagram).		User Configurable Cells Internal (On-chip) Power External (Off-chip) Power	
Power Supplies	CONFIGURATION	VALUE	LIMITS
	1.MX28 VDDIO Output Voltage	3.20 V	VDDIO Output Voltage Level from 1.MX28 PMU
	CONFIGURATION	VALUE	LIMITS
	DRAM Type	DDR2 (L3V)	
ARM CORE & DRAM	CONFIGURATION	VALUE	LIMITS
	CPU CLK / AHB CLK / EMI CLK Frequencies	360.00 / 120.00 / 180.91 MHz	
	1.MX28 ARM Core Power (4)	265.959 mW	On-chip power into 1.MX28 VDD0 input with INTERSUPT_WAITE and HBUS_AUTOLOW disabled while running drclosure test
	1.MX28 ARM Core Power (4)	265.959 mW	
	VDD4 Power (2)-(3)-(5)	495.000 mW	VDD4 (1.8V) power into 1.MX28 processor - power into the DRAM memory. Running Linux LMBENCH DRAM memory test from command: pingame /opt/linbench/bin/linbench_bw mem 1
	1.MX28 VDDIO (3.3V) Power (9)-(11)	24.64 mW	On-chip power into 1.MX28 VDDIO (3.3V) pins
SD/MMMC CARD	CONFIGURATION	VALUE	LIMITS
	1.MX28 SDIO VDDIO (3.3V) Power (1)	10.40 mW	On-chip power into 1.MX28 VDDIO (3.3V) input pins, due to SDIO operation. Running Linux Bonnie memory test command: bonnie++ -d / -u root
	External SD/MMMC Card Power (7)	0.00 mW	Off-chip power from 1.MX28 VDDIO supply into SD/MMMC card. Enter power from SD/MMMC card datasheet.
Ethernet	CONFIGURATION	VALUE	LIMITS
	1.MX28 Ethernet Controller VDD0 Power (4)	12.15 mW	On-chip power into 1.MX28 VDD0 input due to Ethernet controller. This is the additional current measured when enabling the ethernet link while running the Linux OS.
	1.MX28 Ethernet Controller VDDIO Power (3)	16.00 mW	On-chip power into 1.MX28 VDDIO input due to Ethernet controller.
	External Ethernet PHY Power (8)	0.00 mW	Off-chip power from 1.MX28 VDDIO supply into Ethernet PHY. Enter power from Ethernet PHY datasheet.
NAND FLASH	CONFIGURATION	VALUE	LIMITS
	1.MX28 GPW Controller VDDIO Power (3)	10.40 mW	On-chip power into 1.MX28 VDDIO input due to GPW controller. Running Linux Bonnie memory test command: bonnie++ -d / -u root
	External NAND Flash Power (6)	0.00 mW	Off-chip power from 1.MX28 VDDIO supply into NAND flash. Enter power from NAND flash datasheet.
LCD	CONFIGURATION	VALUE	LIMITS
	1.MX28 LCD Controller VDDIO Power (1)	99.20 mW	On-chip power into 1.MX28 VDDIO input due to LCD controller. Running 1.MX28 Eye Kit 24-bit WEGA display.
	External LCD VDDIO Power (6)	0.00 mW	Off-chip power from 1.MX28 VDDIO supply into LCD module. Enter power from LCD datasheet.
	External LCD Backlight Power (10)	0.00 mW	Off-chip power from U-Battery supply into LCD backlight. Enter power from LCD datasheet.
RESULTS		TOTAL POWER SUMMARY	
	POWER BY RAIL SUMMARY	VALUE	LIMITS
	VDD0 Power	265.959 mW	Includes: ARM core + Ethernet Controller VDD0 power
	External Power	0.000 mW	
	Total (L3)	265.959 mW	
	VDDIO Power	24.640 mW	Includes: 1.MX28 LCD controller, NAND flash controller, SD/MMMC controller, SD/MMMC controller, and Ethernet Controller
	External Power	0.000 mW	Includes: LCD, NAND flash, SD/MMMC card, and Ethernet PHY
	Total (F5)	24.640 mW	
	VDD4 Power (2)-(3)-(5)	495.000 mW	VDD4 (1.8V) power into 1.MX28 processor - power into the DRAM memory
	External Power	0.000 mW	
	Total (J4)	495.000 mW	
	VDDJPS Power	0.000 mW	
	External Power	0.000 mW	
	Total (J6)	0.000 mW	
	TOTAL POWER SUMMARY	VALUE	LIMITS
	Power Out of 1.MX28 PMU	785.590 mW	Total power consumption estimate. Doesn't account for DCDC efficiency.
	Total (L3) + (J4) + (L5) + (J6)	785.590 mW	
	DCDC Efficiency	71.51 %	Estimate from 1.MX28 (uses same PMU as 1.MX28) DCDC Efficiency Query - 1.MX28 DCDC efficiency being characterized.
	Battery Power Into 1.MX28 PMU (J1)	1098.401 mW	On-chip battery power consumption estimate, including DCDC efficiency.
	External LCD Backlight Power (10)	0.000 mW	Off-chip power from U-Ion Battery supply into LCD backlight.
	Out Of Battery	0.000 mW	Enter power from any additional loads attached directly to the U-Ion battery.
	Total (L3)	1098.401 mW	Estimate of total battery power consumption. Includes DCDC efficiency and LCD backlight.

Tabela 17: Consumo do processador Freescale iMx28 à 360 MHz

INSTRUCTIONS		LEGEND	
Enter configuration options into yellow cells. Select "INCLUDE" or "EXCLUDE" to include/exclude each power in the summary. Note that some power is Internal (on-chip) and some is External (off-chip) - consult legend to the right for color coding. The number in parenthesis following the power (e.g., (1) or (8)) corresponds to the system diagram (scroll to the bottom to see diagram).		User Configurable Cells Internal (On-chip) Power External (Off-chip) Power	
Power Supplies	CONFIGURATION	VALUE	LIMITS
	1.MX28 VDDIO Output Voltage	3.20 V	VDDIO Output Voltage Level from i.MX28 PMU
	CONFIGURATION	VALUE	LIMITS
	DRAM Tap	DDR2 (L3V)	
ARM CORE & DRAM	CONFIGURATION	VALUE	LIMITS
	CPU CLK / AHB CLK / EMU CLK Frequencies	454.73 / 151.57 / 205.71 MHz	
	1.MX28 ARM Core Power (4)	408.43 mW	On-chip power into i.MX28 VDD0 Input with INTERRUPT WAIT and HBUS AUTOSLOW disabled while running processor test
	VDDA (1.5V) power into i.MX28 processor - power into the DRAM memory. Running Linux.LMBENCH DRAM memory test from bin/linux64_bin/mem_1	558.000 mW	
	1.MX28 VDDIO (3.3V) Power (01-11)	24.64 mW	On-chip power into i.MX28 VDDIO (3.3V) pins
SD/MMC CARD	CONFIGURATION	VALUE	LIMITS
	1.MX28 SDIO VDDIO (3.3V) Power (1)	10.40 mW	On-chip power into i.MX28 VDDIO (3.3V) input pins, due to SDIO operation. Running Linux Binutils memory test command: binutils++ of / - u root
	External SD/MMC Card Power (7)	0.00 mW	Off-chip power from i.MX28 VDDIO supply into SD/MMC card. Enter power from SD/MMC card datasheet.
Ethernet	CONFIGURATION	VALUE	LIMITS
	1.MX28 Ethernet Controller VDDIO power (4)	25.58 mW	On-chip power into i.MX28 VDD0 Input due to Ethernet controller. This is the additional current measured when enabling the ethernet link while running the Linux OS.
	1.MX28 Ethernet Controller VDDIO power (1)	16.00 mW	On-chip power into i.MX28 VDDIO Input due to Ethernet controller.
	External Ethernet PHY Power (5)	0.00 mW	On-chip power from i.MX28 VDDIO supply into Ethernet PHY. Enter power from Ethernet PHY datasheet.
NAND FLASH	CONFIGURATION	VALUE	LIMITS
	1.MX28 GPMI Controller VDDIO Power (1)	10.40 mW	On-chip power into i.MX28 VDDIO Input due to GPMI controller. Running Linux Binutils memory test command: binutils++ of / - u root.
	External NAND Flash Power (8)	0.00 mW	Off-chip power from i.MX28 VDDIO supply into NAND flash. Enter power from NAND flash datasheet.
LCD	CONFIGURATION	VALUE	LIMITS
	1.MX28 LCD Controller VDDIO Power (1)	99.20 mW	On-chip power into i.MX28 VDDIO Input due to LCD controller. Running i.MX28 EVKIT 24 bit WGA display.
	External LCD VDDIO Power (6)	0.00 mW	Off-chip power from i.MX28 VDDIO supply into LCD module. Enter power from LCD datasheet.
	External LCD Backlight Power (10)	0.00 mW	Off-chip power from Li-Battery supply into LCD backlight. Enter power from LCD datasheet.
RESULTS		COMMENTS	
POWER BY RAIL SUMMARY		VALUE	LIMITS
VDD0 Power	Internal	408.425 mW	
	External	0.000 mW	
	Total (13)	408.425 mW	Includes: ARM core + Ethernet Controller VDD0 power
VDDIO Power	Internal	134.240 mW	
	External	0.000 mW	
	Total (8)	134.240 mW	Includes: i.MX28 LCD controller, NAND flash controller, SD/MMC controller, SD/MMC controller, and Ethernet Controller
VDDA Power (2)(3)(11)	Internal	558.000 mW	
	External	0.000 mW	
	Total (54)	558.000 mW	VDDA (1.5V) power into i.MX28 processor - power into the DRAM memory
VDDIIPS Power	Internal	0.000 mW	
	External	0.000 mW	
	Total (16)	0.000 mW	
TOTAL POWER SUMMARY		VALUE	LIMITS
Power Out of i.MX28 PMU		1100.663 mW	Total power consumption estimate. Doesn't account for DDC efficiency.
	Total (13) + (14) + (15) + (16)	71.51%	Estimate from i.MX28 uses same PMU as i.MX28 DDC Efficiency Quies - i.MX28 DDC efficiency being characterized.
TOTAL POWER CONSUMPTION ESTIMATE		1558.055 mW	On-chip battery power consumption estimate, including DDC efficiency.
Total Power	Battery Power into i.MX28 PMU (11)	0.000 mW	Off-chip power from Li-Ion Battery supply into LCD backlight.
Out Of Battery	External LCD Backlight Power (10)	0.000 mW	Enter power from any additional loads attached directly to the Li-Ion battery.
	Additional External Battery Loads	0.000 mW	
	Total (12)	1558.055 mW	Estimate of total battery power consumption. Includes DDC efficiency and LCD backlight.

Tabela 18: Consumo do processador Freescale iMx28 à 456 MHz

APÊNDICE C

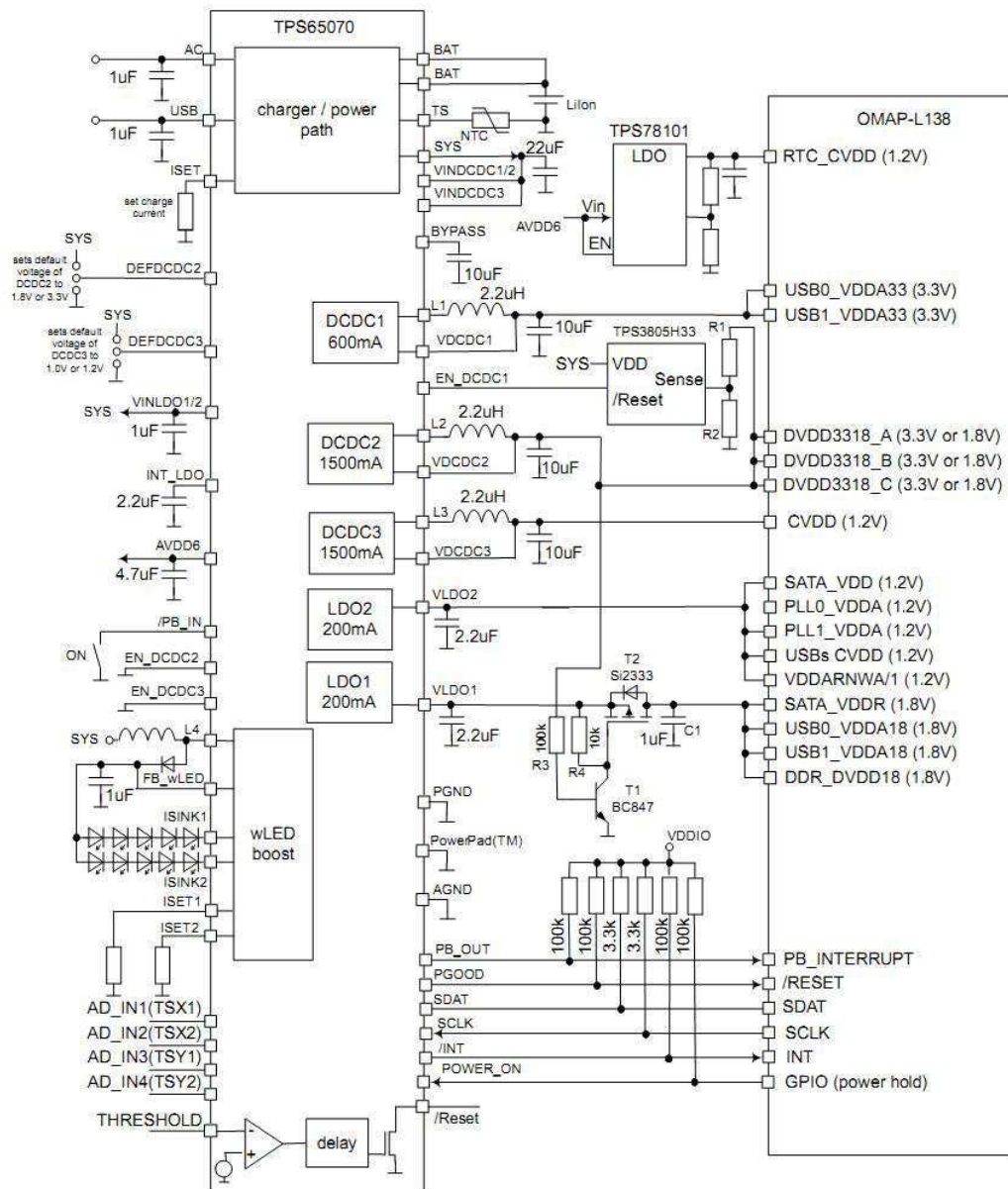


Figura 14: Conexão entre processador OMAP-L138 e PMIC TPS65070

O processador OMAP-L138 é composto por um processador AM18x e um DSP, portanto, esta configuração é válida para o processador AM18x