

**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**  
**CURSO DE ENGENHARIA ELECTRÓNICA**

**MONITORAMENTO DA SAÚDE DO PACIENTE**  
**BASEADO EM IOT USANDO ATMEGA328 E**  
**ESP8266**

MURILO ABEL IBRAIMO MABUNDA

Supervisor:

Engenheiro Edson Camilo Fortes

Co-supervisor:

Engenheiro Nuno Guilherme

Maputo, janeiro de 2022

**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

Curso de Engenharia Electrónica

**MONITORAMENTO DA SAÚDE DO PACIENTE  
BASEADO EM IOT USANDO ATMEGA328 E  
ESP8266**

MURILO ABEL IBRAIMO MABUNDA

Supervisor:

Engenheiro Edson Camilo Fortes

Co-supervisor:

Engenheiro Nuno Guilherme

UEM, Licenciatura em Engenharia Electrónica

Maputo, janeiro de 2022

**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

Departamento de Engenharia Electrónica

**MONITORAMENTO DA SAÚDE DO PACIENTE BASEADO EM  
IOT USANDO ATMEGA328 E ESP8266**

Trabalho de Licenciatura de monitoramento da saúde do paciente baseado em IoT usando ATMEGA328 e ESP8266 apresentado como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Electrónica da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane.

Supervisor:

Engo. Edson Camilo Fortes

Co-Supervisor:

Engo. Nuno Guilherme

Chefe do Departamento:

Engo. José Nelson Guambe



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

TERMO DE ATRIBUIÇÃO DE TEMA DO TRABALHO DE LICENCIATURA

1. TÍTULO DO TEMA

**Monitoramento da saúde do paciente baseado em *IoT* usando ATMEGA328 e ESP8266**

2. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO TRABALHO A DESENVOLVER

Controlar a saúde das pessoas é uma tarefa difícil quando nem sempre se pode estar com os pacientes, presencialmente. Parentes de faixas etárias avançadas, incluindo deficientes com dificuldades de locomoção aos hospitais e centros de saúde para recolha de resultados de testes e comunicação de tais resultados ao parente enfermo, torna-se frequentemente penoso. Por isso, procura-se um sistema inovador que automatize esta tarefa, tornando-a mais fácil e oferecendo comodidade aos membros da família. Neste trabalho, procura-se estudar e apresentar um sistema inteligente de rastreamento da saúde do paciente, com recurso a sensores para acompanharem o estado de saúde do paciente e uso da Internet para informar os parentes, em caso de quaisquer problemas ou anomalias. O sistema objecto de estudo usa a temperatura, bem como o sensor de batimentos cardíacos para manter o controle da saúde do paciente. Os sensores são conectados a um microcontrolador para rastrear o status clínico que é, por sua vez, conectado a um visualizador *lcd*, bem como conexão sem fios, a fim de transmitir alertas. Em caso de o sistema detectar quaisquer mudanças abruptas no batimento cardíaco do paciente ou na temperatura corporal, o sistema envia automaticamente o alerta sobre a situação do paciente e também mostrará detalhes do batimento cardíaco e da temperatura do paciente, pela internet. Assim, o sistema de rastreamento de saúde do paciente baseado na Internet usa efectivamente este

meio de comunicação para monitorar estatísticas de saúde do paciente e salvar vidas.

### 3. OBJECTIVO GERAL

- Desenvolver um sistema que monitore a saúde de um paciente através da Internet, com recurso a um microcontrolador (ATmega328) conectado a um módulo sem fios (ESP8266);

#### 3.1. Objectivos específicos

- Estudar e projectar uma interface de integração entre o hardware e o software de forma a comunicar o microcontrolador ao sistema web;
- Estudar o mecanismo de conexão do sensor ao paciente de modo que traga resultados em tempo real relativamente ao estado de saúde do mesmo;
- Melhorar a assistência aos pacientes, num contexto de fraca disponibilidade de médicos e técnicos de saúde para um elevado número de pacientes;
- Expandir o uso de tecnologias de informação e comunicação a um maior número de utentes, na área da saúde;
- Contribuir para a melhoria dos serviços de saúde prestados ao cidadão.

### 4. LOCAL DE REALIZAÇÃO

Faculdade de Engenharia

### 5. O SUPERVISOR

Supervisor

( Eng.º Edson Camilo Fortes )

### 6. DATAS CHAVE

Entrega do tema	10/01/2022	Previsão da conclusão	17/01/2022
-----------------	------------	-----------------------	------------

Maputo, 10 de janeiro de 2022

Chefe da Comissão Científica

Visto do Chefe do Departamento

Declaro que recebi o tema do Trabalho de Licenciatura na data acima indicada.

Nome: Murilo Abel Ibraimo Mabunda    Assinatura: \_\_\_\_\_

## Dedicatória

A minha mãe Latifa Rijal Ibraimo, ao meu pai Abel Gabriel Mabunda, a minha irmã Dione Abel Ibraimo Mabunda, ao meu irmão Abel Ibraimo Mabunda, a minha esposa Khadija Gumede e a toda minha família que com todo amor tem estado a acompanhar a minha formação dando sempre contribuições.

A Universidade Eduardo Mondlane que continua a desenvolver estudos em diversas áreas possibilitando o aprendizado e ensino. A humanidade em geral para que se possa beneficiar do esforço que tem sido feito para a melhoria do ser humano.

## **Agradecimentos**

A satisfação e a euforia que acompanham a conclusão bem-sucedida de qualquer tarefa seriam incompletas sem mencionar as pessoas cuja constante orientação e encorajamento tornaram o projecto possível. Tenho o prazer de apresentar este projecto diante de si, o meu projecto, que é resultado da mistura estudada de pesquisa e conhecimento. Em primeiro lugar agradeço ao criador, Allah, todo o poderoso e misericordioso, que permitiu que este trabalho fosse possível de se realizar, aos meus pais, Latifa Rijal Ibraimo e Abel Gabriel Mabunda, por estarem sempre do meu lado dando o devido acompanhamento. À minha irmã, Dione, e ao meu irmão, Abel, pela partilha de tudo que envolve as nossas vidas.

Expresso a minha sincera gratidão a Professora Eng<sup>a</sup> Ivone Cipriano, aos supervisores, Professor Eng<sup>o</sup> Edson Camilo Fortes e Professor Eng<sup>o</sup> Nuno Guilherme, Departamento de Engenharia Electrónica, pelo seu constante acompanhamento, apoio e encorajamento. Agradeço-lhes encarecidamente pelas suas valiosas orientações.

Finalmente, expresso a minha gratidão a todos os outros membros do corpo docente que me leccionaram durante vários anos e aos colegas engenheiros bem como estudantes que, directa ou indirectamente, contribuíram para a conclusão deste projecto. Que Allah vos recompense da melhor maneira! Amin.

## **Resumo**

Controlar a saúde das pessoas é uma tarefa difícil quando nem sempre se pode estar com os pacientes, presencialmente. Parentes de faixas etárias avançadas, incluindo deficientes com dificuldades de locomoção aos hospitais e centros de saúde para recolha de resultados de testes e comunicação de tais resultados ao parente enfermo, torna-se frequentemente penoso. Por isso, procura-se um sistema inovador que automatize esta tarefa, tornando-a mais fácil e oferecendo comodidade aos membros da família. Neste trabalho, procura-se estudar e apresentar um sistema inteligente de rastreamento da saúde do paciente, com recurso a sensores para acompanharem o estado de saúde do paciente e uso da internet para informar os parentes, em caso de quaisquer problemas ou anomalias. O sistema objecto de estudo usa a temperatura, bem como o sensor de batimentos cardíacos para manter o controle da saúde do paciente. Os sensores são conectados a um microcontrolador para rastrear o status clínico que é, por sua vez, conectado a um visualizador *lcd*, bem como conexão sem fios, a fim de transmitir alertas. Em caso de o sistema detectar quaisquer mudanças abruptas no batimento cardíaco do paciente ou na temperatura corporal, o sistema envia automaticamente o alerta sobre a situação do paciente e também mostrará detalhes do batimento cardíaco e da temperatura do paciente, pela Internet. Assim, o sistema de rastreamento de saúde do paciente baseado na Internet usa efectivamente este meio de comunicação para monitorar estatísticas de saúde do paciente e salvar vidas.

Palavras-chaves: Controlar a saúde das pessoas, Sistema inteligente de rastreamento da saúde do paciente, Uso da internet para informar e Transmitir alertas.

## **Abstract**

Controlling people's health is a difficult task when you can't always be with patients in person. Relatives of advanced age groups, including disabled people with limited mobility to hospitals and health centers to collect test results and communicate these results to the sick relative, is often painful. Therefore, we are looking for an innovative system to automate this task, making it easier and offering convenience to family members. In this work, we seek to study and present an intelligent patient health tracking system, using sensors to monitor the patient's health status and the use of the internet to inform relatives in case of any problems or anomalies. The system under study uses the temperature as well as the heart rate sensor to keep track of the patient's health. Sensors are connected to a microcontroller to track clinical status which is in turn connected to an LCD viewer as well as wireless connection in order to transmit alerts. In case the system detects any abrupt changes in the patient's heartbeat or body temperature, the system automatically sends the alert about the patient's status and will also show details of the patient's heartbeat and temperature over the internet. Thus, the internet-based patient health tracking system effectively uses this means of communication to monitor patient health statistics and save lives.

Key words: Controlling people's health, Intelligent patient health tracking system, Using the internet to inform and Transmitting alerts.

# Índice

<b>1</b>	<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>1</b>
1.1	INTRODUÇÃO .....	1
1.2	ANTECEDENTES .....	1
1.3	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA .....	2
1.4	JUSTIFICATIVA .....	3
1.5	MOTIVAÇÃO .....	4
1.6	VISÃO .....	4
1.7	OBJECTIVOS .....	5
1.7.1	Objectivo geral .....	5
1.7.2	Objectivos específicos .....	5
1.8	METODOLOGIA .....	5
<b>2</b>	<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>8</b>
2.1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....	8
2.1.1	Medição da temperatura no corpo humano .....	8
2.1.2	Medição dos batimentos cardíacos no corpo humano .....	9
2.1.3	Constrangimentos vivenciados pelos pacientes .....	11
2.1.4	Propostas para solucionar os constrangimentos vivenciados pelos pacientes .....	12
2.1.5	Solução escolhida para mitigar os constrangimentos vivenciados pelos pacientes .....	12
2.1.6	Internet das coisas .....	12
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>15</b>
3.1	DIAGRAMA DE BLOCOS .....	15
3.1.1	Transformador .....	15
3.1.2	Rectificador .....	15
3.1.3	Regulador de tensão 7805 .....	16
3.1.4	Microcontrolador <i>ATmega328</i> .....	18
3.1.5	Módulo sem fios .....	22
3.1.6	Sensor de temperatura .....	23
3.1.7	Sensor de batimento cardíaco .....	24
3.1.8	Tela de cristal líquido .....	25
3.1.9	Campainha .....	26
3.1.10	Website .....	26
3.2	PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO .....	26

3.3	SISTEMA INCORPORADO .....	27
3.4	APLICAÇÕES .....	28
3.5	ESPECIFICAÇÕES DE <i>HARDWARE</i> .....	28
3.5.1	Placa de circuito impresso .....	29
3.5.2	Diodo .....	31
3.5.3	Diodo emissor de luz.....	32
3.5.4	Resistência.....	33
3.5.5	Capacitor .....	34
3.5.6	Botão .....	36
3.5.7	Oscilador de cristal.....	37
3.5.8	Filtro .....	37
3.6	ESPECIFICAÇÕES DO PROGRAMA .....	38
3.7	LIMITAÇÕES .....	38
3.7.1	Acesso Limitado .....	39
3.7.2	Fraca compra por parte dos clientes e provedores .....	39
3.7.3	Falta do envolvimento dos provedores .....	39
3.7.4	Taxas de erro de utilitários de monitoramento da saúde do paciente baseado em IoT... 40	40
3.7.5	Monitoramento não é efectuado em tempo-real .....	40
4	CAPÍTULO 4 .....	41
4.1	METAS DO PROJECTO .....	41
4.2	IMPLEMENTAÇÃO DO PROJECTO .....	41
4.2.1	Projecto de placa de circuito impresso .....	43
4.2.2	Descrição .....	47
4.3	PROGRAMAR O MICROCONTROLADOR NO ARDUINO IDE .....	48
4.4	TESTE DO SISTEMA .....	51
4.5	VANTAGENS E DESVANTAGENS .....	52
5	CAPÍTULO 5 .....	53
5.1	INTERFACE GRÁFICA DO UTILIZADOR .....	53
5.1.1	Iniciar sessão na página da rede Internet .....	53
5.1.2	Página de monitoramento vital do paciente .....	54
6	CAPÍTULO 6 .....	57
6.1	CUSTO DO PROTÓTIPO .....	57
7	CAPÍTULO 7 .....	59

7.1	CONCLUSÃO.....	59
7.2	RECOMENDAÇÕES.....	60
7.3	BIBLIOGRAFIA .....	61
7.4	ANEXOS .....	2-i
	Disclaimer and Copyright Notice .....	2-vii
1	Introduction .....	2-ix
2	Technology Overview .....	2-ix
3	Features .....	2-x
4	ApplicationDiagram.....	2-xi
5	Ultra Low Power Technology .....	2-xi
5.1	Highest Level of Integration .....	2-xii
6	ESP8266Applications .....	2-xii
7	Specifications .....	2-xii
7.1	Current Consumption .....	2-xii
7.2	RF Performance.....	2-xiii
8	CPU, Memory and Interfaces .....	2-xiv
8.1	CPU.....	2-xiv
8.2	Memory Controller.....	2-xiv
8.3	AHB and AHB Blocks.....	2-xiv
8.4	Interfaces.....	2-xv
8.4.1	Master SI / SPI Control (Optional) .....	2-xv
8.4.2	General Purpose IO.....	2-xvi
8.4.3	Digital IO Pads.....	2-xvi
9	Firmware & Software Development Kit .....	2-xvii
9.1	Features.....	2-xviii
10	Power Management.....	2-xix
11	Clock Management.....	2-xx
11.1	High Frequency Clock .....	2-xx
11.1	External Reference Requirements.....	2-xx
12	Radio .....	2-xx

12.1	Channel Frequencies .....	2-xxi
12.2	2.4 GHz Receiver .....	2-xxi
12.3	2.4 GHz Transmitter .....	2-xxi
12.4	Clock Generator .....	2-xxii
App.	QFN32 Package Drawing .....	2-xxii
	Features .....	2-xxx
1	Pin Configurations .....	2-xxxii
1.1	Pin Descriptions .....	2-xxxii
4.2.2	VCC.....	2-xxxii
4.2.2	GND.....	2-xxxii
4.2.2	Port B (PB7:0) XTAL1 / XTAL2 / TOSC1 / TOSC2 .....	2-xxxii
4.2.2	Port C (PC5:0).....	2-xxxii
4.2.2	PC6/RESET.....	2-xxxii
4.2.2	Port D (PD7:0).....	2-xxxiii
4.2.2	AVCC .....	2-xxxiii
4.2.2	AREF.....	2-xxxiii
4.2.2	ADC7:6 (TQFP and QFN/MLF PackageOnly) .....	2-xxxiii
2	Overview .....	2-xxxiii
2.2	Comparison Between ATmega48PA, ATmega88PA, ATmega168PA and ATmega328P.....	2-xxxiv
2.1	Block Diagram .....	2-xxxiv
3	Resources.....	2-xxxv
4	Data Retention .....	2-xxxvi
5	Register Summary .....	2-xxxvi
6	Instruction SetSummary .....	2-xli
6.1	ATmega48PA.....	2-xliii
6.2	ATmega88PA.....	2-xliii
6.3	ATmega168PA.....	2-xliv
6.4	ATmega328P .....	2-xliv

## Lista de abreviaturas

APC	Codificação Preditiva Adaptativa ( <i>Adaptive Predictive Coding</i> )
AVR	Processador RISC de Alf e Vegard ( <i>Alf and Vegard's RISC processor</i> )
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CMOS	Metal-Óxido-Semicondutor Complementar ( <i>Complementary metal-oxide-semiconductor</i> )
CPU	Unidade Central de Processamento ( <i>Central Processing Unit</i> )
DIP	Pacote Duplo em Linha
ECG	Leitura do Electrocardiograma
EEL	Engenharia Electrotécnica
EEPROM	Memória Programável Apagável Eléctrica ( <i>Electrical Erasable Programmable Memory</i> )
FC	Frequência Cardíaca
FCM	Frequência Cardíaca Máxima
GUI	Interface gráfica do utilizador ( <i>Graphical User Interface</i> )
HLL	Linguagem de Alto Nível ( <i>High Level Language</i> )
I2C	Circuito Interintegrado ( <i>Inter-Integrated Circuit</i> )
IDE	Electrónica Integrada de Acionamento ( <i>Integrated Drive Electronics</i> )
IoT	Internet das Coisas ( <i>Internet Of Things</i> )
LED	Diodo Emissor de Luz ( <i>Light Emmiting Diod</i> )
MIPS	Milhões de Instruções Por Segundo ( <i>Million Instructions Per Second</i> )
MISAU	Ministério da Saúde
MLF	Micro Quadro de Chumbo ( <i>Micro LeadFrame</i> )
MSSP	Porta Serial Síncrona Mestre ( <i>Master Synchronous Serial Port</i> )
OMS	Organização Mundial da Saúde
PCB	Placa de Circuito Impresso ( <i>Printed Circuit Board</i> )

PIC	Controlador de Interface Periférica ( <i>Peripheral Interface Controller</i> )
PPG	Fotopletismografia
PWM	Modulação de Largura de Pulso ( <i>Pulse Width Modulation</i> )
QFN	Encapsulamento Sem Terminais ( <i>Quad-flat no-leads</i> )
RF	Rádio Frequência
RISC	Computador Conjunto Reduzido de Instruções ( <i>Reduced Instruction Set Computer</i> )
RTC	Relógio de Tempo Real ( <i>Real-Time Clock</i> )
SMD	Dispositivo Montado na Superfície ( <i>Surface Mounted Device</i> )
SPI	Interface Série Periférica ( <i>Serial Peripheral Interface</i> )
SPM	Mapeamento Paramétrico Estático ( <i>Static Parametric Mapping</i> )
SRAM	Memória Estática de Acesso Aleatório ( <i>Static Random Access Memory</i> )
SSID	Identificador do Conjunto de Serviços ( <i>Service Set Identifier</i> )
TQFP	Encapsulamento Fino Quadrado ( <i>Thin Quad Flat Package</i> )
UDH	Unidades de Alta Dependência
UEM	Universidade Eduardo Mondlane
USART	Síncrono Universal/ Receptor Assíncrono/ Transmissor ( <i>Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter</i> )
UTI	Unidades de Terapia Intensiva

## Índice de figuras

Figura 1: Diagrama de blocos do projecto.....	15
Figura 2: Rectificador .....	16
Figura 3: Regulador de tensão 7805.....	16
Figura 4: Diagrama de blocos do regulador de tensão (37). .....	17
Figura 5: Arquitectura do processador .....	19
Figura 6: Conversor analógico / digital.....	20
Figura 7: Diagrama de pinos .....	20
Figura 8: Microcontrolador do projecto.....	22
Figura 9: Módulo sem fios .....	23
Figura 10: Sensor de temperatura .....	23
Figura 11: Sensor de pulso .....	24
Figura 12: Display de cristal líquido .....	25
Figura 13: Modelo de Sistemas Incorporados Interligados. ....	28
Figura 14: Placa de circuito impresso .....	31
Figura 15: Díodo .....	32
Figura 16: Diodo de junção PN .....	32
Figura 17: LED .....	33
Figura 18: Símbolo do LED .....	33
Figura 19: Resistências.....	34
Figura 20: Capacitores .....	35
Figura 21: Cargas e placas do capacitor condutor.....	35
Figura 22: Duas placas paralelas separadas por dieléctrico .....	35
Figura 23: Alguns capacitores em paralelo .....	36
Figura 24: Botão.....	36
Figura 25: Botão pressionar para ligar .....	37
Figura 26: Oscilador de cristal.....	37
Figura 27: Filtro .....	38
Figura 28: Modelo V de ciclo de sistemas incorporados. ....	41
Figura 29: Diagrama esquemático do projecto.....	45
Figura 30: Protótipo do Sistema de Monitoramento da Saúde do Paciente baseado em IoT usando ATmega328 e ESP8266.....	47
Figura 31: Fluxograma do sistema.....	50

Figura 32: Exemplo do gráfico do paciente (Melhor visualização no excel) .....	52
Figura 33: Página de início de sessão .....	53
Figura 34: Página de monitoramento dos batimentos cardíacos .....	54
Figura 35: Página de monitoramento dos dados vitais do paciente com o protótipo desligado e sem ter feito a 1ª verificação .....	54
Figura 36: Página de monitoramento dos dados vitais do paciente com o protótipo ligado e com os sensores conectados ao paciente .....	55
Figura 37: Protótipo ligado e com os sensores conectados ao paciente.....	55

### **Índice de tabelas**

Tabela 1: Tabela de Davignon (8).....	10
Tabela 2: Tabela de frequência cardíaca normal para homens em repouso (8). ....	11
Tabela 3: Tabela de frequência cardíaca normal para mulheres em repouso (8). ...	11
Tabela 4: Classificações do regulador de tensão.....	18
Tabela 5: Flash, EEPROM, RAM e tamanho do vector de interrupção das famílias do microcontrolador Atmega .....	19
Tabela 6: Exemplo dos dados do paciente .....	51
Tabela 7: Conta dos materiais .....	58

### **Índice de equações**

Equação 1: FCM (8).....	9
Equação 2: Fórmula de Tanaka para o cálculo da FCM (8).....	9
Equação 9: Lei de Ohm.....	33
Equação 10: Corrente dada pela lei de Ohm .....	34
Equação 11: Tensão .....	36
Equação 12: Capacitância .....	36

# 1 CAPÍTULO 1

## 1.1 INTRODUÇÃO

A saúde é o bem-estar físico, espiritual, mental e sócio-económico de uma pessoa (28).

Com a globalização e o avanço das tecnologias, vários dispositivos têm proporcionado melhores condições, facilitando deste modo a vida do Homem no desempenho das suas actividades do dia-a-dia, de maneira que este possa atender várias tarefas ao mesmo tempo, controlando, assim, os diversos espaços que frequenta.

No tocante aos pacientes, várias alternativas e investimentos têm surgido de modo a facilitar a expansão dos serviços de saúde. De acordo com o INE 2021, Moçambique com uma população de aproximadamente 30,832,244 (trinta milhões oitocentos e trinta e dois mil e duzentos e quarenta e quatro habitantes), estima-se que em março de 2021 não se atingiu a meta nacional de 1.31 consultas por habitante nos indicadores de acesso e utilização de serviços de saúde (INE 2021).

É responsabilidade de todas as pessoas criarem condições que materializem a igualdade de direitos, deveres e liberdades fundamentais para todos os cidadãos, conforme preconizado no Título III da Constituição da República de Moçambique. Há uma necessidade de criação de plataformas que ajudem aos pacientes a gozar uma vida plena e equitativa, possibilitando uma maior segurança e locomoção junto das comunidades onde estão inseridos.

Não há como saber que plataformas têm que ser criadas. Deste modo, pretende-se neste projecto apresentar uma, de entre as várias soluções propostas, que melhore e facilite o controlo da saúde, trazendo melhor qualidade de vida.

## 1.2 ANTECEDENTES

Ao longo dos tempos, vários projectos surgiram para resolver o problema de monitoramento da saúde, como o projecto de rede de sensores sem-fio que possui um meio de detecção sem fio que envia as informações do sensor sem fio para um servidor remoto (19), e o plano estratégico do sector da saúde que usa um modelo de serviço que exige o pagamento de uma taxa de assinatura (15). Nos países em desenvolvimento, isso é um obstáculo, pois algumas pessoas não podem usá-los

devido a questão de custo envolvida. Há também a questão da conectividade com a Internet, onde alguns sistemas operam, em que a Internet de boa qualidade para uma conexão remota em tempo real é necessária. A penetração da Internet ainda é um problema nos países em desenvolvimento.

Muitos dos sistemas foram introduzidos em países desenvolvidos, onde a infraestrutura está a funcionar perfeitamente. Na maioria dos casos, os sistemas são adaptados para funcionar em países em desenvolvimento. Para reduzir alguns desses problemas, é necessário fazer uma abordagem de raiz para se adequar às condições mínimas básicas actualmente disponíveis nos países em desenvolvimento (20).

Um projecto simples de monitoramento da saúde do paciente pode ser alcançado pelo número de parâmetros que ele pode detectar. Em alguns casos, ao detectar um parâmetro, várias leituras podem ser calculadas. Por questões de simplicidade, a detecção de parâmetros é:

I. Sistema de monitoramento de parâmetro único:

Neste caso, um único parâmetro é monitorado, por exemplo, ECG. A partir da detecção de ECG ou batimento cardíaco, várias leituras podem ser obtidas, dependendo do algoritmo usado. Uma ECG pode fornecer a frequência cardíaca.

II. Sistema de monitoração multiparâmetro:

Isso tem vários parâmetros sendo monitorados ao mesmo tempo. Um exemplo de tal sistema pode ser encontrado em UDH, UTI, durante a cirurgia numa sala de operações de um hospital ou unidades de recuperação pós-cirurgia. Vários parâmetros monitorados incluem ECG, pressão sanguínea e frequência respiratória. O sistema de monitoramento multiparâmetro basicamente prova que um paciente está vivo ou recuperando-se. Nos países em desenvolvimento, logo após se aposentarem da rotina diária da carreira, a maioria das pessoas da faixa etária idosa muda-se para as áreas rurais (21). Em países desenvolvidos, eles podem mudar-se para casas de grupo de vida assistida (22). É aqui que um sistema de monitoramento de saúde também pode ser útil.

### **1.3 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

Verifica-se, actualmente, que para o número de pacientes tem-se uma disponibilidade limitada de médicos, tem-se instrumentos médicos de grande porte

em unidades de cuidados especiais, uma enfermeira ou médico é essencial para atender cada paciente em diferentes enfermarias. Portanto, o paciente não pode ser monitorado continuamente, então a formulação do problema é desenvolvida conforme segue-se:

- Como reduzir o tamanho dos instrumentos de ECG tradicionais?
- Como ajudar o paciente a tempo?
- Como dinamizar o monitoramento do paciente?
- Como minimizar a atenção humana para cada paciente?
- Como garantir a disponibilidade de instrumentos de medição de temperatura e batimentos cardíacos para os pacientes?
- Como fazer o monitoramento contínuo?
- Como assegurar que os especialistas cheguem a tempo de salvar vidas?
- Como evitar que os pacientes morram devido à falta de especialistas e máquinas?

Este trabalho faz um estudo das necessidades dos médicos em relação ao monitoramento sem fio de pacientes. O sistema processa dados usando componentes de análise de “plug-in” que podem ser facilmente compostos em planos, usando um ambiente de programação gráfico.

#### **1.4 JUSTIFICATIVA**

Num âmbito de justificativa na área de engenharia electrónica o presente projecto tem como justificativa os acontecimentos que tem sido registados na área da saúde bem como no desenvolvimento da Internet. Dando uma olhada as tendências do mundo, pode-se constatar que os dispositivos electrónicos tendem a ser indispensáveis na vida do ser humano devido a versatilidade que apresentam tanto na área de comunicação bem como na área da saúde, em que a interligação das referidas áreas resulta no presente monitoramento da saúde do paciente baseado em *IoT* usando ATMEGA328 e ESP8266. É nessa perspectiva que o presente projecto vem adicionar mais um dispositivo a rede da Internet aumentando assim a capacidade de controlo do homem reduzindo o custo e o tempo que são dadas valiosas para a execução das tarefas diárias.

## 1.5 MOTIVAÇÃO

Em Moçambique, a percentagem das doenças do aparelho circulatório aumenta progressivamente com o aumento da idade, sendo inferior a 1% até 4 anos, cerca de 4% até 44 anos, 15% na faixa de 45 - 64 anos e 27% nos acima de 64 anos (17). No caso de pertencer a terceira idade o paciente precisa de se deslocar para lugares, mas devido ao seu desgaste físico opta muitas vezes por um auxílio de uma bengala e, por vezes, faz-se acompanhar de outra pessoa. O problema da bengala e da pessoa é que estes não são capazes de detectar e informar se o paciente está bem de saúde e alertar um médico para que se tomem as devidas medidas para resolver o problema, isto é, informar ao responsável de saúde sobre a temperatura e os batimentos cardíacos do paciente. Para tal, pode-se acoplar certos dispositivos ao paciente para se fazer um constante monitoramento da saúde do paciente.

O desenvolvimento do presente trabalho que consiste no monitoramento da saúde de um paciente baseado em *IoT* usando ATMEGA328 e ESP8266 foi idealizado com o propósito de beneficiar os pacientes que precisam de constantemente verificar se a temperatura e os batimentos cardíacos estão dentro do intervalo de segurança, respeitando as suas práticas actuais, que incluem ir ao local do trabalho, se for empregado, através desta, fazer um significativo acoplamento com circuitos electrónicos. Neste trabalho desenvolve-se um dispositivo electrónico capaz de ajudar pacientes que têm dificuldades em se deslocar ao hospital por alguma razão como, por exemplo, a velhice, alguma deficiência ou sobrecarga horária do médico, factores que inviabilizam o constante monitoramento presencial.

## 1.6 VISÃO

O desenvolvimento dum monitoramento da saúde do paciente baseado em *IoT* usando ATMEGA328 e ESP8266 visa elevar a segurança dos pacientes que não se encontram todo o tempo conectados a instrumentos de medida de temperatura dos seus corpos e batimentos cardíacos, em Moçambique particularmente, e no mundo em geral.

O paciente, depois do sistema ser desenvolvido e implementado, poderá ser monitorado durante 24 horas em qualquer lugar do mundo que tenha acesso a Internet, de modo que possa evitar que um ataque cardíaco possa acontecer, melhorando assim o seu estado de saúde, a tempo.

## 1.7 OBJECTIVOS

Este trabalho tem como objectivo geral desenvolver um dispositivo electrónico de monitoramento da saúde do paciente baseado em *IoT* usando ATMEGA328 e ESP8266. Além dos conhecimentos, objectiva-se introduzir uma melhor maneira de controlar a saúde de um paciente através da internet e, de acordo com os dispositivos electrónicos, analisar e produzir um aparelho melhorado para resolução de problemas identificados no diagnóstico dos pacientes.

### 1.7.1 Objectivo geral

- Desenvolver um sistema que monitore a saúde de um paciente através da Internet, com recurso a um microcontrolador (ATmega328) conectado a um módulo sem fios (ESP8266);

### 1.7.2 Objectivos específicos

- Estudar e projectar uma interface de integração entre o *hardware* e o *software* de forma a comunicar o microcontrolador ao sistema *web*;
- Estudar o mecanismo de conexão do sensor ao paciente de modo que traga resultados em tempo real relativamente ao estado de saúde do mesmo;
- Melhorar a assistência aos pacientes, num contexto de fraca disponibilidade de médicos e técnicos de saúde para um elevado número de pacientes.

## 1.8 METODOLOGIA

O presente trabalho de licenciatura apresenta um texto em formato de uma monografia sobre um sistema de monitoração da saúde de um paciente através da Internet seguindo uma lógica de metodologia de pesquisa científica.

A metodologia de pesquisa empregue quanto à abordagem foi quantitativa, por respeitar a objectividade que é um requisito fundamental para trabalhos de carácter científico procurando apresentar opiniões baseadas na colecta de dados de maneira a apresentar números e as respectivas análises. Por meio da utilização da pesquisa quantitativa é possível mensurar e quantificar as respostas dos entrevistados e obter dados que vão confirmar ou contestar as hipóteses iniciais. Ao final, o trabalho pode chegar a uma resposta mais apropriada do problema de pesquisa (14).

A metodologia de pesquisa empregue quanto à natureza foi pesquisa aplicada, pois fez-se uma pesquisa com o intuito de resolver um problema atendendo um dos objectivos fundamentais do Estado moçambicano que é o do desenvolvimento da economia e o progresso da ciência e da técnica (12).

A metodologia de pesquisa empregue quanto aos objectivos foi pesquisa exploratória e descritiva, deste modo, fazendo pesquisas bibliográficas e estudos de caso para proporcionar uma nova perspectiva sobre determinada realidade já observada.

A metodologia de pesquisa empregue quanto aos procedimentos foi pesquisa experimental, pesquisa bibliográfica e estudos de caso, respectivamente.

O projecto está organizado nos capítulos que se seguem:

Capítulo I, explanação introdutória, antecedentes identificando principais problemas bem como a justificativa, exibindo os motivos para elaboração deste trabalho, a visão, os objectivos e a metodologia usada.

Capítulo II, fundamentação teórica e definição dos parâmetros do sistema. Constrangimentos vivenciados pelos pacientes seguido das propostas para solucioná-los e a respectiva solução escolhida. Expõe-se sucintamente a internet das coisas debruçando a aplicação à área da saúde.

Capítulo III, diagrama de blocos seguido de textos e imagens que mostram o físico dos materiais necessários para tornar o projecto executável. Sistema incorporado, aplicações, especificações e limitações do sistema.

Capítulo IV, metas do projecto, implementação do sistema de monitoramento da saúde do paciente baseado em *IoT* usando ATMEGA328 e ESP8266 elucidando como foi feito o projecto de placa de circuito impresso acompanhada da descrição. Programação do microcontrolador no arduino *IDE*, teste do sistema, suas vantagens e desvantagens.

Capítulo V, interface gráfica do utilizador. Ilustração do início de sessão na página da rede de internet com a respectiva página de monitoramento vital do paciente.

Capítulo VI, custo do protótipo. Tabela com os produtos cotados para uma possível aquisição das unidades que compõem os circuitos electrónicos.

Capítulo VII, apresentação das conclusões, apresentando algumas recomendações, bibliografia e anexos.

## 2 CAPÍTULO 2

### 2.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Moçambique é um país que se situa no sudeste do continente africano.

O Director Nacional de Assistência Médica, Ussene Isse, numa entrevista no dia 19 de janeiro de 2021, em Maputo, no seu gabinete do Ministério da Saúde, incentivou a usar o monitoramento da saúde do paciente baseado em *IoT* usando ATMEGA328 e ESP8266 nas salas de internamento, principalmente nos pacientes no estado de recuperação após intervenções cirúrgicas.

O corpo humano é complexo e devemos utilizar todo suporte que o avanço tecnológico nos permite para um melhor atendimento. Uma das melhores maneiras de realizar o acompanhamento médico é colectar métricas que indiquem a situação do paciente. Neste contexto, a medicina permite fazer medições no corpo humano de parâmetros como: respiração, batimentos cardíacos, temperatura, oximetria, pressão não invasiva, débito cardíaco não invasivo, gases anestésicos, sensor de nível de consciência, capnografia, pressão invasiva e sensor neuromuscular (30). O presente trabalho limita-se somente em desenvolver um protótipo para a medição da temperatura e batimentos cardíacos.

#### 2.1.1 Medição da temperatura no corpo humano

A temperatura condiciona diversos processos biológicos, como a actividade enzimática, a permeabilidade das membranas celulares, a taxa das trocas respiratórias, a produção de energia a nível celular, a produção de espermatozoides e o comportamento (grau de actividade) dos indivíduos, entre muitos outros processos (16).

No Homem, a temperatura corporal oscila em torno dos 37 °C, com uma amplitude de mais ou menos um grau, dependendo das condicionantes ambientais e fisiológicas (idade, sexo, fase do ciclo menstrual, etc.). A manutenção de temperaturas superiores a 43 °C pode desencadear danos, nomeadamente lesões cerebrais irreversíveis (16).

Os infectologistas estabelecem os seguintes limites para caracterizar a febre: **Febrícula:** De 37,3 °C a 37,8 °C; **Febre:** Acima de 37,8 °C e **Febre alta:** Considera-se, em geral, a partir de 39 °C (31).

A hipertermia também eleva a temperatura do corpo, mas difere da febre devido ao desequilíbrio entre a produção e a dissipação do calor. Ou seja, ela surge devido a uma falha nos mecanismos que controlam a temperatura do corpo por causa do calor no ambiente externo, como o uso excessivo de agasalhos e ar-condicionado ligado em alta potência (32).

Nos bebês, a maneira mais precisa de medir a temperatura é introduzir o termómetro no ânus (temperatura rectal). Se a temperatura for superior a 38 °C, significa que a criança tem febre (33).

Nas crianças mais velhas, a temperatura pode ser medida na boca (temperatura oral). Se a temperatura for superior a 37,5 °C, significa que a criança tem febre.

- Introdução do termómetro no sovaco (temperatura axilar): se a temperatura for superior a 37,2 °C, significa que a criança tem febre.
- Introdução do termómetro no ouvido (temperatura timpânica): se a temperatura for superior a 38 °C, significa que a criança tem febre (33).

### 2.1.2 Medição dos batimentos cardíacos no corpo humano

A frequência cardíaca indica a quantidade de vezes que o coração bate por minuto e o seu valor normal, em adultos, varia entre 60 e 100 batimentos por minuto (bpm) em repouso. Porém, a frequência considerada normal tende a variar de acordo com alguns factores, como a idade, o nível de actividade física ou a presença de alguma doença cardíaca (8). Quando esses batimentos cardíacos superam as 100 vezes por minuto, a pessoa é diagnosticada com taquicardia (35).

Pode-se calcular a FCM através das seguintes fórmulas:

*Equação 1: FCM (8).*

$$FCM = 220 - idade do paciente$$

Por exemplo, uma pessoa com 35 anos de idade não deve praticar actividades físicas ou se colocar em situações que elevem a sua frequência cardíaca acima de 185 bpm (8).

*Equação 2: Fórmula de Tanaka para o cálculo da FCM (8).*

$$FCM = 208 - 0,7 \times idade$$

Nesse caso, uma pessoa com 35 anos de idade teria como frequência cardíaca máxima o valor de 183,5 bpm, um valor muito próximo ao obtido no primeiro cálculo. Exames específicos recomendados pelo seu médico podem indicar qual é a FCM máxima para o seu organismo (8).

As dificuldades em se estabelecer os padrões electrocardiográficos normais em crianças levou *Davignon et al* a elaborar uma tabela que relaciona a idade do paciente com diversos aspectos avaliados no electrocardiograma onde foram avaliados numa série de ECGs de crianças de até 16 anos e divididas em 12 grupos, de acordo com a idade (34).

	0-1 dias	1-3 dias	3-7 dias	7-30 dias	1-3 meses	3-6 meses	6-12 meses	1-3 anos	3-5 anos	5-8 anos	8-12 anos	12-16 anos
F C	94-155	91-158	90-166	106-182	120-179	106-185	106-169	89-152	73-137	65-133	62-130	60-120

*Tabela 1: Tabela de Davignon (8).*

Para cada grupo etário, existe uma referência para valor mínimo e outra para valor máximo medido em batimentos por minuto. Por exemplo, para um bebê de cinco meses, a referência fica entre 105 para a mínima e 185 para máxima. Isso quer dizer que para este bebê, uma frequência de 101 é considerada uma bradicardia (34).

A bradicardia se refere a um ritmo mais lento do que o normal, sendo observada quando as batidas ficam abaixo de 40 por minuto, num adulto em repouso (36).

Idade	18-25 anos	26-35 anos	36-45 anos	46-55 anos	56-65 anos	+65 anos
Excelente	56-61	55-61	57-62	58-63	57-61	56-61

Boa	62-65	62-65	63-66	64-67	62-67	62-65
Normal	70-73	71-74	71-75	72-76	72-75	70-73
Menos Boa	74-81	75-81	76-82	77-83	76-81	74-79
Má	+82	+82	+83	+84	+82	+80

*Tabela 2: Tabela de frequência cardíaca normal para homens em repouso (8).*

Idade	18-25 anos	26-35 anos	36-45 anos	46-55 anos	56-65 anos	+65 anos
Excelente	61-65	60-64	60-64	61-65	60-64	60-64
Boa	66-69	65-68	65-69	66-69	65-68	65-68
Normal	74-78	73-76	74-78	74-77	74-77	73-76
Menos Boa	79-84	77-82	79-84	78-83	78-83	77-84
Má	+85	+83	+85	+84	+84	+84

*Tabela 3: Tabela de frequência cardíaca normal para mulheres em repouso (8).*

Caso em repouso seja percebida uma FCM maior do que o valor normal para a faixa etária, isso pode indicar uma baixa capacidade cardíaca. A prática de exercícios regulares é a principal alternativa para fortalecer a capacidade muscular, permitindo que o coração consiga bombear mais sangue com menos esforço, o que resulta na redução da FCM (8).

### **2.1.3 Constrangimentos vivenciados pelos pacientes**

O Bastonário da Ordem dos Médicos de Moçambique constatou em 2021 que em termos de recursos humanos, o país encontra-se abaixo do recomendável. O rácio de técnicos de saúde é de 109,3 por 100.000 habitantes; enfermeiros 28,5 por 100.000 habitantes e médicos 8,7 por 100.000 habitantes.

O rácio mais distante do recomendado pela OMS (2,3 por 1000 habitantes) é o rácio médico/habitantes. Mesmo a cidade de Maputo, capital do país, está longe de o atingir pois apresenta um rácio de 2,3/10.000, devendo aumentar 10 vezes o pessoal médico para atingir o rácio ideal 2,3/1000 habitantes. Nos últimos anos a interrupção

do ingresso automático dos diferentes profissionais de saúde para a função pública impediu o alcance rápido deste indicador. O processo burocrático de admissão para a função pública, por si só, é bastante difícil (9).

#### **2.1.4 Propostas para solucionar os constrangimentos vivenciados pelos pacientes**

A primeira proposta seria de colocar instrumentos de medição de temperatura e batimentos cardíacos em todos os lugares públicos; a segunda proposta seria de garantir que cada paciente tivesse um instrumento de medição de temperatura e batimentos cardíacos em sua casa; a terceira proposta seria de um dispositivo electrónico portátil de monitoramento da saúde do paciente baseado em *IoT* usando ATMEGA328 e ESP8266 para que o paciente possa levar consigo numa pasta ou sacola para onde quiser e que a pessoa encarregada pela saúde deste paciente possa verificar e receber alertas onde quer que esteja desde que o paciente tenha acesso a energia eléctrica bem como a Internet.

#### **2.1.5 Solução escolhida para mitigar os constrangimentos vivenciados pelos pacientes**

Aqui propõe-se um dispositivo electrónico de monitoramento da saúde do paciente baseado em *IoT* usando ATMEGA328 e ESP8266 que permitirá que o paciente possa ser monitorado à distância. Este projecto utiliza sensores de temperatura e batimentos cardíacos para verificar se o paciente está bem fisicamente, isto é, se o seu corpo está com a temperatura e os batimentos cardíacos dentro do intervalo aceitável para o corpo humano.

#### **2.1.6 Internet das coisas**

O termo Internet das coisas é, nos dias de hoje, utilizado em muitos contextos e aplicações e, por essa razão, é difícil encontrar uma definição exacta do seu significado. No entanto, as próximas páginas incluem uma breve explicação das tecnologias utilizadas na *IoT* (Internet das coisas), para ajudar na compreensão do que é, de como funciona, da sua utilidade no quotidiano e como tem progredido nos últimos anos.

A Internet das Coisas é um termo em evolução, que está a crescer em importância e em valor, sendo mesmo considerada uma das áreas mais importantes do futuro da tecnologia. Com toda a certeza, *IoT* é um termo que chegou para revolucionar as nossas vidas e vai mudar a maneira como vemos e aceitamos (23).

#### 2.1.6.1 Internet das Coisas aplicada à Área da Saúde:

Evans 2011 considera o impacto que a Internet já tem na educação, comunicação, negócios, ciência, governo e humanidade (Evans 2011).

A Internet, como a conhecemos, tem vindo a sofrer uma transformação que começou pela *Internet of Computers*, evoluiu para a *Internet of People* e agora estamos perante a *Internet of Things*. Esta evolução deve-se principalmente aos avanços tecnológicos que estão cada vez mais a expandir os limites da Internet, mesmo nos países em desenvolvimento. Actualmente, podemos até vivenciar uma mudança do domínio que tinha o computador, como, por exemplo, o acesso mais directo à Internet para outros aparelhos móveis, como os *smartphones*, *notebooks*, *tablets*, entre outros (24).

Assim, o termo Internet das Coisas pode ser definido como os sensores (que convertem informação do ambiente físico num sinal) e atuadores (que actuam sobre o sinal enviado pelos sensores e convertem-no numa saída) ligados por redes de sistemas de computação; estes sistemas podem monitorar e gerir objectos e máquinas que estão conectados à rede, capazes de criar interacções uns com os outros. Baseia-se então, numa perspectiva em que todos os objectos passam a fazer parte da Internet, onde cada objecto pode ser unicamente identificado, sendo conhecida a respectiva posição e “status” (25).

Resulta numa Internet mais abrangente, em que novos serviços podem ser constantemente adicionados, existindo, assim, uma fusão entre o mundo digital e o mundo físico, que, por sua vez, tem um grande impacto nas nossas vidas profissionais, pessoais e em todo o nosso ambiente social (24).

No mundo empresarial, diz-se que os grandes líderes encaram a *IoT* como um elemento fundamental, capaz de resolver problemas aliados às áreas de Tecnologia de Informação (TI) e gestão que as empresas enfrentam hoje em dia. No entanto, tem que ser tido em consideração que a *IoT* não é uma solução “one size fits all” (um tamanho cobre tudo), ou seja, é necessária uma implementação pensada e

planeada, que requer uma arquitectura da *IoT*, para que o que se pensa ser a solução não se tornar parte do problema (26).

*IoT* surge quando o número de coisas e objectos conectados à Internet é superior ao número de pessoas também conectadas. Claro está que a maioria destes objectos não se encontram nas nossas casas e não existe um contacto directo com os mesmos. Evans 2011 conota que a sua presença é mais notória nas fábricas, nos negócios e na saúde, já que são indispensáveis na recolha de informação crucial nas grandes indústrias, seja para controlar inventários, gerir máquinas, aumentar a eficiência, poupar custos, ou para salvar vidas (Evans 2011).

Desta maneira, torna-se claro que a *IoT* está a redefinir a forma como cria-se, consome-se e partilha-se informação (27).

## 3 CAPÍTULO 3

### 3.1 DIAGRAMA DE BLOCOS

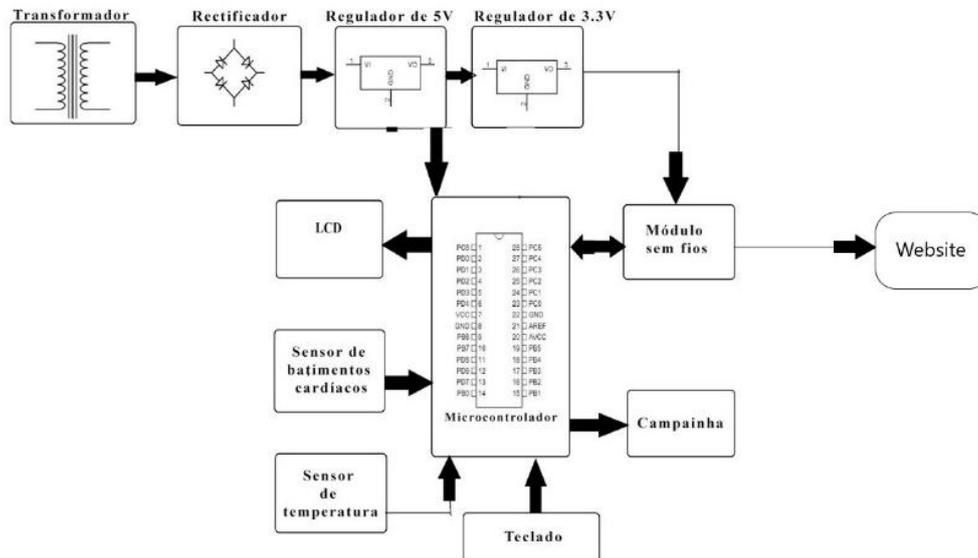


Figura 1: Diagrama de blocos do projecto.

(Ref: Figura do diagrama de blocos editada pelo autor)

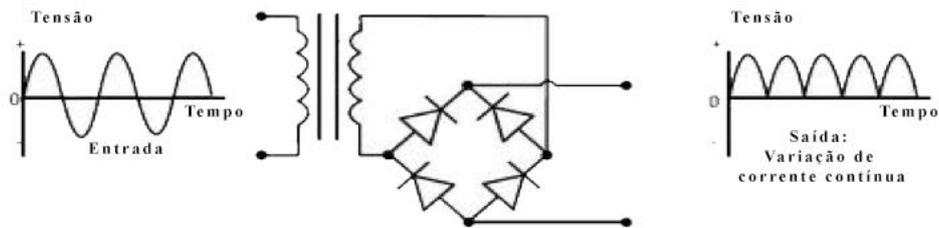
#### 3.1.1 Transformador

O transformador reduz a voltagem da 'rede' de 240 V para 8,5 V.

#### 3.1.2 Rectificador

Um rectificador é um dispositivo eléctrico que converte a corrente alternada (AC), que periodicamente inverte a direcção, da corrente contínua (DC), corrente que flui em apenas uma direcção, um processo conhecido como rectificação.

Neste projecto, uma ponte rectificadora é usada por causa de seus méritos como boa estabilidade e rectificação de onda completa. Em meio ciclo positivo apenas dois diodos (1 conjunto de diodos paralelos) vão realizar, no meio ciclo negativo os restantes dois diodos irão realizar e conduzir apenas em uma única vez para a frente.

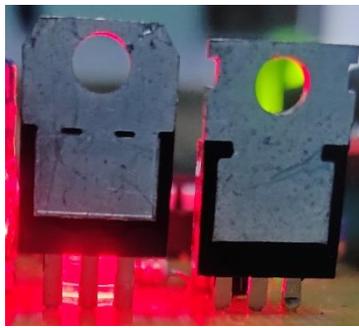


*Figura 2: Rectificador*

(Fonte: Figura editada pelo autor)

Quando a alimentação é fornecida ao circuito, o rectificador rectifica o circuito e passa para o regulador.

### 3.1.3 Regulador de tensão 7805



*Figura 3: Regulador de tensão 7805.*

(Ref: Fotografia do circuito do sistema tirada pelo autor e posteriormente editada)

#### Características:

- Corrente de saída de até 1 A;
- Tensões de saída de 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24 V;
- Protecção contra sobrecarga térmica;
- Protecção contra curto-circuito;
- Saída de Transistor de segurança operacional Protecção da Área.

#### Descrição:

A série LM78XX / LM78XXA de três terminais reguladores positivos está disponível no pacote / D-PAK TO-220 e com várias tensões de saída fixas, tornando-os úteis numa ampla gama de aplicações. Cada tipo emprega corrente interna limitante, desligamento térmico e protecção de área de operação segura, tornando praticamente indestrutível. Se dissipação de calor adequada fornecida, eles podem entregar sobre a saída 1A actual. Apesar de concebido principalmente como

reguladores de tensão fixa, estes dispositivos podem ser utilizados com componentes externos para obter tensões e correntes ajustáveis.

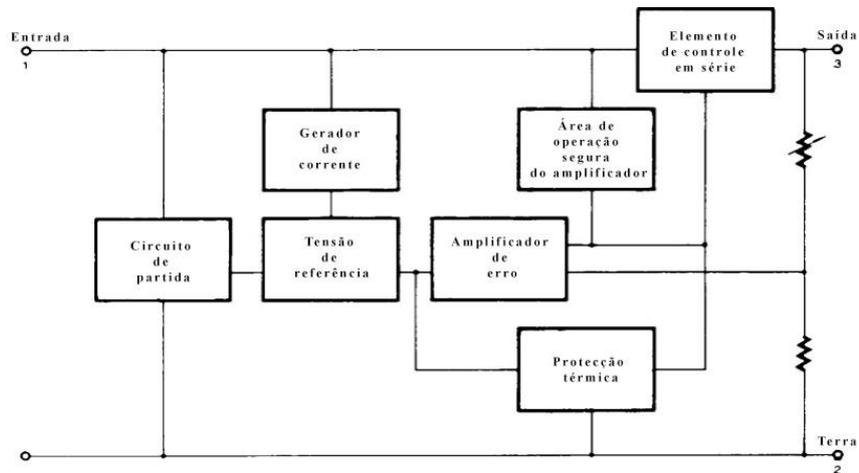


Figura 4: Diagrama de blocos do regulador de tensão (37).

A 'ponte' do diodo rectifica os 8,5 V AC do lado da saída do transformador de potência em DC. O capacitor 2500  $\mu F$  ajuda a manter uma entrada constante no regulador.

Como um guia geral, este capacitor deve ser avaliado em um mínimo de 1000  $\mu F$  para cada ampere de corrente consumido e pelo menos duas vezes a tensão de entrada. O capacitor de 0.1  $\mu F$  elimina todos os pulsos de alta frequência que poderiam interferir na operação do regulador.

Os reguladores de tensão são muito robustos. Eles podem suportar o consumo de sobrecorrente devido a curtos-circuitos e também ao superaquecimento. Em ambos os casos, o regulador desligará antes que ocorram danos. A única maneira de destruir um regulador é aplicar tensão reversa em sua entrada.

A polaridade reversa destrói o regulador quase que instantaneamente. Para evitar essa possibilidade, deve-se sempre usar protecção de diodo da fonte de alimentação. Isso é especialmente importante ao usar fontes de bateria de nove volts, pois é comum que as pessoas 'testem' a bateria conectando-a de um lado e de outro. Mesmo este curto 'teste' pode destruir o regulador se um diodo de protecção não for usado.

A interface descrita no presente projecto possui diodos de protecção conectados ao circuito de alimentação para evitar danos devido à polaridade incorrecta. Um diodo de alimentação 2W005G, que tem um máximo de corrente de 2 A foi conectado em série com a fonte de alimentação. Se a alimentação for conectada de forma inversa, o regulador estará protegido contra danos.

### As classificações máximas absolutas:

Parâmetro	Símbolo	Valor	Unidade
Tensão de entrada (para $V_o=5V$ até 18V)	$V_I$	35	V
(para $V_o=24V$ )	$V_I$	40	V
Resistência térmica junção-caixas (TO-220)	$R_{\theta JC}$	5	*C/W
Resistência térmica junção-ar (TO-220)	$R_{\theta JA}$	65	*C/W
Intervalo de temperatura de operação (KA78XX/A/R)	$T_{OPR}$	0 – +125	°C
Intervalo de temperatura de armazenamento	$T_{STG}$	-65- +150	°C

Tabela 4: Classificações do regulador de tensão.

(Fonte: Planilha de dados do regulador de tensão 7805 nos anexos)

#### 3.1.4 Microcontrolador *ATmega328*

O *ATmega328* é um microcontrolador *CMOS* de 8 bits de baixa potência baseado na arquitectura *RISC* aprimorada *AVR*. Ao executar instruções poderosas num único ciclo de hora, o *ATmega48/88/328* atinge saídas aproximando 1 MIPS por MHz, permitindo que o sistema seja projectado para otimizar o consumo de energia versus a velocidade de processamento.

O *ATmega328* fornece 16 Kbytes de *Flash* programável no sistema com recurso de leitura-gravação, 512 Bytes *EEPROM*, 1 Kbytes *SRAM*, 32 registadores de trabalho de uso geral, três contadores flexíveis com modos de comparação, interrupções internas e externas, um *USART* programável em série, uma Interface Serial de 2 fios com *Byte*, uma porta serial *SPI*, uma porta serial de 6 canais *ADC* de 10 bits, um temporizador *Watchdog* programável com oscilador interno e cinco modos de economia de energia seleccionáveis pelo *software*.

O microcontrolador é o coração deste circuito, a alimentação principal de 5,5 V é fornecida ao microcontrolador e os 3,3 V são fornecidos ao módulo sem-fios.

Como o microcontrolador está bem programado, o *LCD* exhibe os sinais dados pelo microcontrolador. O sensor de batimentos cardíacos e o sensor de temperatura enviam os sinais de valores medidos na pessoa para o microcontrolador. O teclado é usado para a entrada dos valores a serem inseridos.

Dispositivo	Flash	EEPROM	RAM	Tamanho do vector de interrupção
ATmega48	4 Kbytes	256 Bytes	512 Bytes	1 Instrução palavra/vector
ATmega88	8 Kbytes	512 Bytes	1 Kbytes	1 Instrução palavra/vector
ATmega328	16 Kbytes	512 Bytes	1 Kbytes	2 Instruções palavras/vector

Tabela 5: Flash, EEPROM, RAM e tamanho do vector de interrupção das famílias do microcontrolador Atmega

(Fonte: Planilha de dados do microcontrolador Atmega328 nos anexos)

### 3.1.4.1 Arquitectura do processador

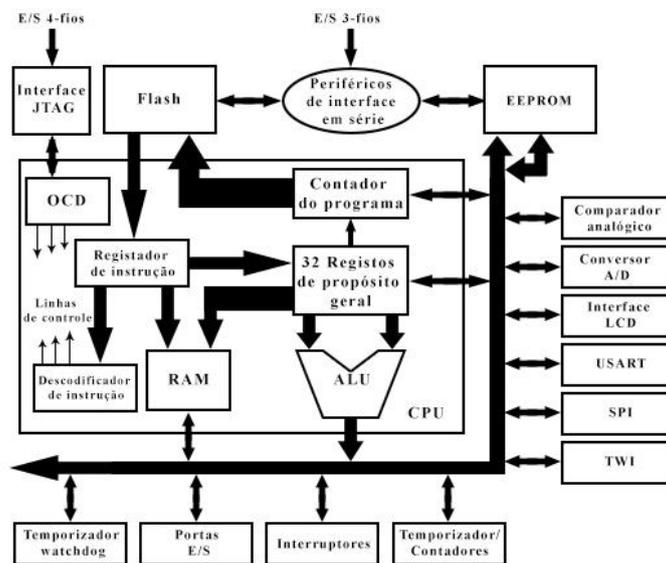


Figura 5: Arquitectura do processador

(Fonte: Figura editada pelo autor)

O ATMEGA328 tem suas portas de entrada e saída com diferentes configurações, dependendo da arquitectura como entrada única, saída única e portas de saída de entrada bidireccional. O acesso desta porta é referido como *design* de interface de saída e de entrada para microcontroladores. Ele tem porta de entrada analógica,

porta de saída analógica, porta de entrada digital, porta de saída digital, pinos de comunicação serial, pinos de execução do temporizador, etc.

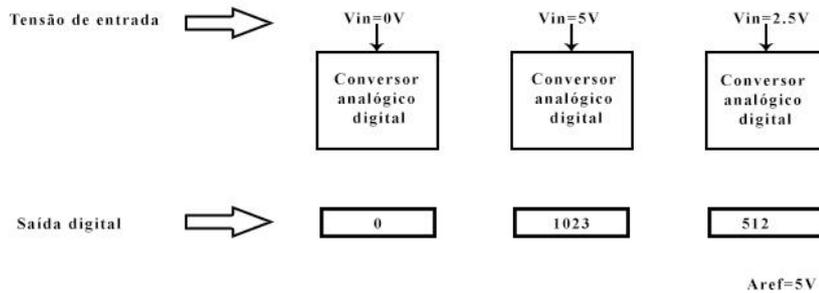


Figura 6: Conversor analógico / digital

(Fonte: Figura editada pelo autor)

O ADC em ATmega328 tem 6 canais que significam que pode tirar amostras de oito diferentes terminais. Assim pode-se conectar até 8 sensores diferentes e obter seus valores separadamente (5). O microcontrolador em seguida processa esses dados e calcula se os valores estão dentro do intervalo permitido pelo corpo humano. Se os valores não passarem os limites o circuito não faz nada, mas se o paciente tiver valores muito baixos ou muito altos o circuito emite um sinal sonoro para alertar sobre o estado grave do paciente.

### 3.1.4.2 Diagrama de pinos e descrição

Função do arduino					Função do arduino
Restabelecer	(PCINT14/RESET) PC6	1	28	PC5 (ADC5/SCL/PCINT13)	Entrada analógica 5
Pino digital 0 (RX)	(PCINT16/RXD) PD0	2	27	PC4 (ADC4/SDA/PCINT12)	Entrada analógica 4
Pino digital 1 (TX)	(PCINT17/TXD) PD1	3	26	PC3 (ADC3/PCINT11)	Entrada analógica 3
Pino digital 2	(PCINT18/INT0) PD2	4	25	PC2 (ADC2/PCINT10)	Entrada analógica 2
Pino digital 3 (PWM)	(PCINT19/OC2B/INT1) PD3	5	24	PC1 (ADC1/PCINT9)	Entrada analógica 1
Pino digital 4	(PCINT20/XCK/T0) PD4	6	23	PC0 (ADC0/PCINT8)	Entrada analógica 0
VCC	VCC	7	22	GND	Terra
Terra	GND	8	21	AREF	Referência analógica
Cristal	(PCINT6/XTAL1/TOSC1) PB6	9	20	AVCC	VCC
Cristal	(PCINT7/XTAL2/TOSC2) PB7	10	19	PB5 (SCK/PCINT5)	Pino digital 13
Pino digital 5 (PWM)	(PCINT21/OC0B/T1) PD5	11	18	PB4 (MISO/PCINT4)	Pino digital 12
Pino digital 6 (PWM)	(PCINT22/OC0A/AIN0) PD6	12	17	PB3 (MOSI/OC2A/PCINT3)	Pino digital 11 (PWM)
Pino digital 7	(PCINT23/AIN1) PD7	13	16	PB2 (SS/OC1B/PCINT2)	Pino digital 10 (PWM)
Pino digital 8	(PCINT0/CLKO/CP1) PB0	14	15	PB1 (OC1A/PCINT1)	Pino digital 9 (PWM)

Figura 7: Diagrama de pinos

(Fonte: Figura editada pelo autor)

O *Atmega328* tem 28 pinos, dos quais 23 são de entrada e de saída e os restantes 5 são de tensão de alimentação digital, terra e referência analógica para o conversor A/D. A razão de escolha deste microcontrolador em detrimento dos outros é devida a este ser um *chip* versátil podendo fazer conversões analógico-digital, usa somente duas linhas de comunicação de dados bidireccionais podendo suportar 128 dispositivos na porta no modo  $I^2C$  de 7 bits e as suas características que incluem:

- Alto desempenho, microcontrolador “AVR® 8-Bit” de baixa tensão:
- Arquitectura avançada *RISC*;
- 131 Instruções poderosas;
- Execução da maioria dos ciclos do relógio singular;
- Registos 32 x 8 funcionando para propósito geral;
- Operação totalmente estática;
- Até 20 *MIPS* de produção a 20 *MHz*;
- Multiplicadores de 2 ciclos no *chip*.
  - Memória *flash* do programa: 32 *Kbytes*;
  - Memória de dados *EEPROM*: 1 *Kbytes*;
  - Memória de dados *SRAM*: 2 *Kbytes*;
  - Pinos de entrada e saída: 23;
  - Temporizadores: dois 8 bits / um 16 bits;
  - Conversor Analógico / Digital: seis canais de 10 bits;
  - *PWM*: seis canais;
  - *RTC*: sim com oscilador separado;
  - *MSSP*: *SPI* e  $I^2C$  com suporte mestre e escravo;
  - *USART*: Sim;
  - Oscilador externo: mais que 20 *MHz*.
  - Modo de baixo consumo de energia a 1,8 V, 1 *MHz* e 25 °C: modo activo: 0,3 mA; modo de desligamento: 0,1  $\mu A$  e modo de economia de energia: 0,8  $\mu A$  (incluindo 32 *KHz RTC*) (5).

O microcontrolador “*Atmel 8-bit RISC AVR*” combina 32 *KB ISP* de memória flash com recursos de leitura-enquanto-escreve, 1 *KB EEPROM*, 2 *KB SRAM*, 23 linhas de propósito de E/S, 32 registos de uso de trabalhos gerais, três temporizadores flexíveis / contadores com modos de comparar, interrupções internas e externas,

série programável *USART*, uma interface serial orientada de 2 fios orientados a *Byte*, porta serial *SPI*, *6-channel 10-bit* conversor A/D (8 canais em *TQFP* e pacotes *QFN/MLF*), temporizador programável “*watchdog*” com oscilador interno e cinco modos de economia de energia de *software* seleccionável. O dispositivo opera entre *1.8 - 5.5 Volts*. O dispositivo consegue uma produção de aproximadamente *1 MIPS* por *MHz*.



*Figura 8: Microcontrolador do projecto*

(Ref: Fotografia do circuito do sistema tirada pelo autor e posteriormente editada)

### **3.1.5 Módulo sem fios**

Um módulo sem fios é usado no desenvolvimento do monitoramento da saúde do paciente baseado em *IoT* usando *ATmega328* e *ESP8266* para aguardar a recepção dos comandos do arduino e envia a resposta de acordo com cada comando recebido. A comunicação entre o módulo *ESP8266* e o *ATmega328* ocorre usando o protocolo *SPI* e, embora opere a *3,3V*, ele aceita e envia sinais compatíveis com o nível lógico de *5V* do *ATmega328*. O módulo usa uma tecnologia de comunicação *Wi-Fi* especialmente desenvolvido para que se possa conectar o microcontrolador a uma conexão *WiFi* de forma fácil e eficaz. O módulo *WiFi ESP8266* suporta as redes *802.11 b/g/n*, muito usadas actualmente, podendo trabalhar como um ponto de acesso (*Access Point*) ou como uma estação (*Station*), enviando e recebendo dados (38).



Figura 9: Módulo sem fios

(Ref: Fotografia do circuito do sistema tirada pelo autor e posteriormente editada)

### 3.1.6 Sensor de temperatura

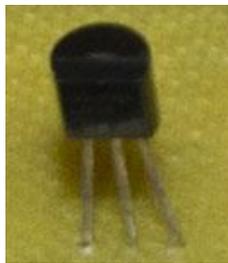


Figura 10: Sensor de temperatura

(Ref: Fotografia do circuito do sistema tirada pelo autor e posteriormente editada)

Características:

- Calibrado directamente em “°C” graus *Celsius* (centígrados);
- Linear  $+10.0\text{ mV} / ^\circ\text{C}$ ;
- Precisão de  $0,5\text{ }^\circ\text{C}$  (a  $+25\text{ }^\circ\text{C}$ );
- Classificada para faixa completa de  $-55$  a  $+150\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- Adequado para aplicações remotas;
- Baixo custo devido ao corte de *wafer-level*;
- Opera de  $4 - 30\text{ V}$ ;
- Menos de  $60$  dreno de corrente de *micro-amperes*;
- Baixo auto-aquecimento,  $0,08\text{ }^\circ\text{C}$  em ar parado;
- Não linearidade apenas  $\pm 1/4\text{ }^\circ\text{C}$  típico;
- Saída de baixa impedância,  $0,1\text{ Ohm}$  para carga de  $1\text{ mA}$ .

A série *LM35* são dispositivos de precisão de temperatura de circuito integrado com uma tensão de saída linearmente proporcional à temperatura em grau centígrado. O

dispositivo *LM35* tem uma vantagem sobre os sensores de temperatura linear calibrados em *Kelvin*, uma vez que o usuário não é obrigado a subtrair uma grande voltagem constante da saída para obter escala conveniente em grau centígrado. O dispositivo *LM35* não requer qualquer calibração ou corte externo para fornecer precisões típicas de  $\pm \frac{1}{4} \text{ }^\circ\text{C}$  à temperatura ambiente e  $\pm \frac{3}{4} \text{ }^\circ\text{C}$  numa faixa de temperatura completa de  $-55 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $150 \text{ }^\circ\text{C}$ . O custo mais baixo é assegurado pelo corte e calibração no nível da bolacha. A impedância de baixa saída, saída linear e calibração inerente precisa do dispositivo *LM35* faz interface para leitura ou circuitos de controlo especialmente fácil. O dispositivo é usado com fontes de alimentação simples ou com suprimentos mais e menos. Como o dispositivo *LM35* extrai apenas  $60 \mu\text{A}$  do suprimento, ele tem auto-aquecimento muito baixo de menos de  $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$  em ar parado. O dispositivo *LM35* é classificado para operar numa faixa de temperatura de  $-55 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $150 \text{ }^\circ\text{C}$ , enquanto o dispositivo *LM35C* é classificado para uma faixa de  $-40 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $110 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $-10^\circ$  com precisão melhorada). Os dispositivos da série *LM35* estão disponíveis embalados em pacotes de transistores herméticos (TO), enquanto os dispositivos *LM35C*, *LM35CA* e *LM35D* estão disponíveis no pacote de transistor (TO-92) de plástico. O dispositivo *LM35D* está disponível num pacote de 8 linhas de montagem em superfície de pequeno formato num pacote de plástico *TO-220*. Para fazer a leitura da temperatura deverá colocar-se o sensor na mão do paciente ou em alguma parte a tocar a pele do paciente, em que a parte preta do sensor ilustrada acima na figura 10 é que faz o contacto com o paciente (39). Na extracção da informação, o sensor passa esses dados para o microcontrolador.

### 3.1.7 Sensor de batimento cardíaco



Figura 11: Sensor de pulso

(Ref: Fotografia do protótipo tirada pelo autor e posteriormente editada)

Um sensor de batimento cardíaco é usado neste sistema para detectar a onda de pulso cárdio-vascular com a ponta do dedo. Ele é projectado para PPG, que é uma

técnica óptica não invasiva de recuperar informações vitais sobre o sistema cardiovascular da superfície da pele. Ele usa uma fonte de luz infravermelha para iluminar o dedo de um lado e um fotodetector colocado do outro lado mede as pequenas variações na intensidade da luz transmitida. As variações no sinal fotodetector estão relacionadas a alterações no volume sanguíneo dentro do tecido. O sinal é filtrado e amplificado para obter uma forma de onda PPG limpa e bonita, que pode ser usada para derivar a frequência cardíaca instantânea. O sensor *Easy Pulse* também fornece uma saída de pulso digital que é sincronizada com o batimento cardíaco.

### 3.1.8 Tela de cristal líquido

A tela de cristal líquido (LCD, do inglês *liquid-crystal display*) é usado no monitoramento da saúde de um paciente baseado em *IoT* usando ATMEGA328 e ESP8266 por possuir a vantagem de exigir menos potência para o funcionamento do que o *LED*, normalmente na ordem dos *microwatts* para o *display*, comparado para o mesmo valor necessário em *miliwatts* para o *LED*. Porém, ele necessita de uma fonte de luz interna ou externa e está limitado à uma faixa de temperatura de cerca de 0 °C até 60 °C. Sua vida útil é motivo de preocupação, pois os *LCDs* podem se degradar quimicamente.

Um dígito em um *display LCD* pode ter o aspecto de segmentos. A área escura é, na verdade, uma superfície condutora transparente conectada aos terminais inferiores para controle externo. O *LCD* usado no presente trabalho tem sua própria fonte interna de luz posicionada atrás e ao lado do *LCD* e também possui um reflector atrás do *LCD* para que a luz seja reflectida através do *display* melhorando, assim, sua iluminação em áreas iluminadas ou durante o dia (40).



Figura 12: Display de cristal líquido

(Ref: Fotografia do circuito do sistema tirada pelo autor e posteriormente editada)

### 3.1.9 **Campainha**

A campainha neste dispositivo serve como um alerta para sinalizar que os valores extremos foram atingidos.

Portanto, quando a batida do coração ou a temperatura está abaixo ou acima do recomendado, o microcontrolador envia sinais a Internet e a campainha do computador onde o website está a ser visualizado toca.

### 3.1.10 **Website**

No monitoramento da saúde de um paciente baseado em *IoT* usando ATMEGA328 e ESP8266 a plataforma IoTGecko é usada para o usuário poder introduzir as suas credenciais que incluem o nome do usuário acompanhado da respectiva senha. Após iniciar a sessão o usuário do dispositivo habilitado a Internet terá acesso aos parâmetros de batimentos cardíacos e de temperatura podendo definir os valores extremos para casos específicos. Esta plataforma pode fornecer informações sobre acção e alertar em tempo real através dos dados de Internet. Ferramentas visuais são usadas neste caso para desbloquear o valor dos dados.

## 3.2 **PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO**

O desenvolvimento dum sistema de monitoração da Saúde do Paciente através da Internet consiste num sistema baseado no microcontrolador ATMEGA328 que monitora continuamente os batimentos cardíacos e a temperatura do paciente.

O sistema consiste em:

1. Sensor de batimentos cardíacos que é usado para monitorar o nível de batimentos cardíacos;
2. Sensor de temperatura, utilizado para monitorar a temperatura corporal do paciente;
3. Tela *LCD* para exibir o nível dos batimentos cardíacos e a temperatura actual;
4. Módulo sem fios que é usado para carregar todos os dados no *site*.

No início do sistema, o módulo sem fios está ligado ao pré-programa *SSID* e à senha.

O usuário deve definir o *SSID* e a senha para o seu roteador ou *hotspot* móvel.

Depois disso, o sistema começa a monitorar a temperatura e o nível dos batimentos cardíacos.

Os valores dos sensores de monitoramento são actualizados de 3 em 3 segundos, assim como a conexão sem fios também é estabelecida novamente para um melhor desempenho.

Todos os dados de monitoração são enviados através do *site* <http://iotgecko.com/IOTlogin.aspx> para que o usuário possa ver a temperatura e o nível do batimento cardíaco.

Quando o sensor de batimentos cardíacos cruzar o limite definido, o sistema reproduz automaticamente o sinal sonoro de alarme na internet e ele soa continuamente o sinal sonoro até que o nível de batimento cardíaco venha ao intervalo normal.

### **3.3 SISTEMA INCORPORADO**

O projecto é um sistema incorporado composto por uma combinação de *hardware* e *software*, concebido para executar uma função específica. Um sistema incorporado é um sistema baseado em microcontrolador, orientado por *software*, sistema de controlo confiável e em tempo real, autônomo, ou humano ou de rede interactiva, operando em diversas variáveis físicas e em diversos ambientes e vendido num mercado competitivo consciente do custo.



Figura 13: Modelo de Sistemas Incorporados Interligados.

### 3.4 APLICAÇÕES

- Aplicações de *software* militares e aeroespaciais incorporados;
- Aplicações de comunicação;
- Automação industrial e processo de *software* de controlo;
- Dominando a complexidade das aplicações;
- Redução do tempo de *design* de produto;
- Processamento em tempo real de cada vez mais quantidades de dados;
- Inteligentes, sensores autónomos.

### 3.5 ESPECIFICAÇÕES DE *HARDWARE*

1. Regulador de 5 V e regulador de 3.3 V;
2. Rectificador;

3. Filtro;
4. Microcontrolador *ATmega 328*;
5. Sensor de batimento cardíaco;
6. Sensor de temperatura;
7. *Led*;
8. Díodo;
9. Resistência;
10. Capacitor;
11. Botão;
12. Oscilador de cristal;
13. Ecrã *LCD*;
14. *Modem* sem fios.

### 3.5.1 Placa de circuito impresso

PCBs são geralmente um composto laminado e plano feito de materiais de substrato não condutores com camadas de circuitos de cobre estampados internamente ou nas superfícies externas.

Eles podem ser tão simples quanto uma ou duas camadas de cobre ou, em aplicações de alta densidade, podem ter cinquenta camadas ou mais. A superfície plana do composto é ideal para suportar os componentes que são soldados e conectados a *PCB*, enquanto os condutores de cobre conectam os componentes uns aos outros electronicamente.

Os seis componentes básicos de uma placa de circuito impresso padrão são:

- *Prepreg*;
- Laminado;
- Folha de cobre;
- Máscara de solda;
- Nomenclatura;
- Acabamento final.

*Prepreg* é um tecido de vidro fino que é revestido com resina e seco em máquinas especiais chamadas tratadores de *prepreg*. O vidro é o substrato mecânico que mantém a resina no lugar. A resina - geralmente *FR4 epóxi*, polimida, *Teflon* e outros - começa como um líquido que é revestido no tecido. Conforme o pré-impregnado

passa pelo tratador, ele entra em uma secção do forno e começa a secar. Assim que sai do tratador, está seco ao toque.

Quando o pré-impregnado é exposto a temperaturas mais altas, geralmente acima de *300 °Fahrenheit*, a resina começa a amolecer e derreter. Uma vez que a resina no pré-impregnado derrete, ela atinge um ponto (denominado termoendurecível) onde então endurece novamente para se tornar rígida novamente e muito, muito forte. Apesar dessa resistência, o pré-impregnado e o laminado tendem a ser muito leves. Folhas pré-impregnadas, ou fibra de vidro, são usadas para fabricar muitas coisas - de barcos a tacos de golfe, aeronaves e pás de turbinas eólicas. Também é crítico na fabricação de *PCBs*. Folhas pré-impregnadas são usadas para colar a *PCB* e também para construir o segundo componente de uma *PCB* - laminada.

Os laminados, às vezes chamados de laminados revestidos de cobre, são compostos de folhas de pré-impregnado, que são laminadas juntamente com calor e pressão, com folhas de cobre de cada lado. Uma vez que a resina endurece, os laminados de *PCB* são como um composto de plástico, com folhas de cobre em ambos os lados.

Grava-se a folha de cobre, para produzir o circuito nas superfícies laminadas. Esses circuitos de cobre tornam-se condutores, ou fiação eléctrica, nas camadas interna e externa da placa. Quando as camadas laminadas são fotografadas e gravadas com os circuitos, elas são laminadas juntas, usando o pré-impregnado discutido.

*Soldermask* é o revestimento epóxi verde que cobre as camadas externas do circuito na placa. Os circuitos internos são estampados nas camadas de *preg*, portanto, não precisam ser protegidos. As camadas externas, se deixadas desprotegidas, vão oxidar e corroer com o tempo. *Soldermask* providencia protecção aos condutores do lado externo da *PCB*.

Nomenclatura, ou às vezes chamada de tela de seda, são as letras brancas que se vêem no topo do revestimento da máscara de solda em uma *PCB*. Nomenclatura é a inscrição que mostra onde cada componente é inserido na placa e, às vezes, também fornece a orientação do componente.

A máscara de solda e uma nomenclatura estão disponíveis em outras cores além de verde e branco, mas estas são as mais populares.

*Soldermask* protege todos os circuitos nas camadas externas da *PCB*, onde não temos uma intenção de anexar componentes. Mas também deve proteger os orifícios e almofadas de cobre expostos onde planeamos soldar e montar os componentes.

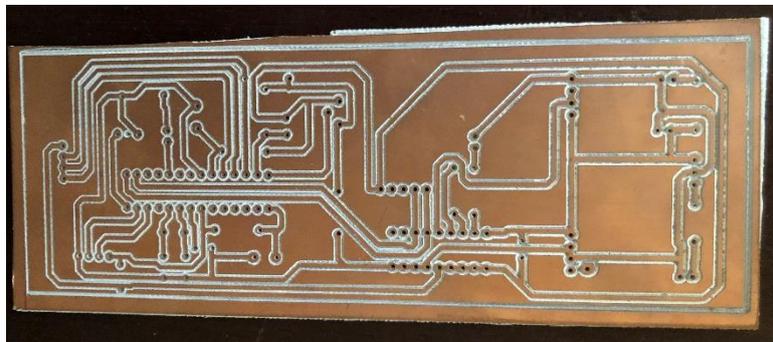
Para proteger essas áreas e fornecer um bom acabamento soldável, geralmente usam-se revestimentos metálicos, como níquel, ouro, solda de estanho / chumbo, prata e outros acabamentos finais apenas para fabricantes de *PCB* (41).

#### **3.5.1.1 Método tradicional**

- Usar a gravura líquida é lenta e não é exacta porque algum cobre indesejável pode ser desperdiçado;
- Deitar fora o líquido de gravura numa lata de lixo pública pode ser prejudicial ao meio ambiente e em alguns países é uma ofensa em termos legais;
- O líquido de gravura precisa de um tratamento especial depois de ser usado;
- Requer químicos que podem levar a queimadura das mãos.

#### **3.5.1.2 Método de estampagem na placa de circuito impresso**

- Rápido;
- Extremamente exacto;
- Não é prejudicial ao meio ambiente;
- Não precisa de químicos.



*Figura 14: Placa de circuito impresso*

(Ref: Fotografia do circuito do sistema tirada pelo autor e posteriormente editada)

#### **3.5.2 Diodo**

Diodo 2W005G é usado neste projecto para converter *CA* em *CC* bem como rectificar meia onda ou rectificar onda completa. A escolha do diodo para o desenvolvimento do sistema de monitoração da saúde do paciente teve em consideração os seguintes

aspectos: capacidade máxima de corrente de avanço, capacidade máxima de tensão inversa e capacidade de tensão máxima.



Figura 15: Díodo

(Ref: Fotografia do circuito do sistema tirada pelo autor e posteriormente editada)

O diodo 2W005G tem uma capacidade de tensão de polarização inversa máxima de 50 V e uma capacidade máxima de corrente de avanço de 2 A. Este diodo de maior capacidade pode ser usado no lugar de um outro diodo de baixa capacidade, mas um diodo de baixa capacidade não pode ser usado no lugar de um diodo de capacidade elevada.

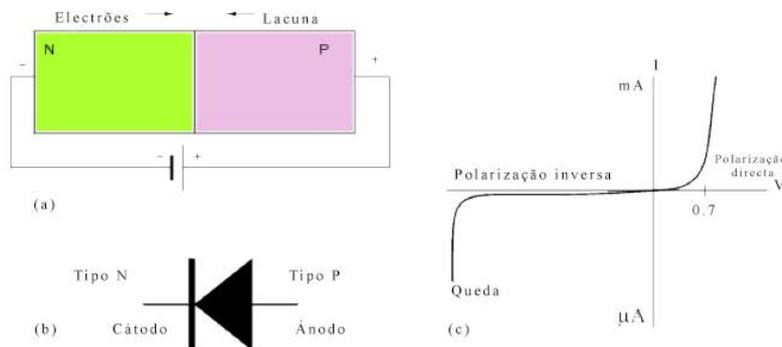


Figura 16: Díodo de junção PN

### 3.5.3 Díodo emissor de luz

*LED* é uma fonte de luz semicondutora. Os *LEDs* neste projecto são usados como lâmpadas indicadoras. Quando um diodo emissor de luz é polarizado para a frente (ligado), os electrões são capazes de se recombinar com os orifícios dentro do dispositivo, libertando energia na forma de fotões.

Este efeito é chamado de electroluminescência e a cor da luz (correspondente à energia do fotão) é determinada pelo intervalo de energia do semicondutor. Um diodo emissor de luz é frequentemente pequeno na área (menos de  $1\text{mm}^2$ ).



Figura 17: LED

(Ref: Fotografia do protótipo tirada pelo autor e posteriormente editada)

O tamanho compacto, a possibilidade de largura de banda estreita, a velocidade de comutação e a extrema confiabilidade dos LEDs permitiram que novos *displays* fossem desenvolvidos, as altas taxas de comutação também são úteis em tecnologia avançada de comunicações.

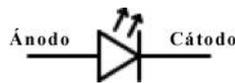


Figura 18: Símbolo do LED

#### 3.5.4 Resistência

Uma resistência é um componente electrónico de dois terminais, utilizado neste projecto para se opor a uma corrente eléctrica, produzindo uma queda de tensão entre seus terminais em proporção à corrente, isto é, de acordo com a lei de *Ohm*:

*Equação 3: Lei de Ohm*

$$V = IR$$

As resistências são utilizadas como parte dos circuitos electrónicos das duas unidades de transmissão e recepção. Resistências na prática podem ser feitas de uma liga de alta resistividade, como níquel / cromo.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Fonte: *Datasheet* do regulador da resistência. [consultada: 2021-08-20 09:42:15]. Disponível nos anexos.



*Figura 19: Resistências*

(Ref: Fotografia do protótipo tirada pelo autor e posteriormente editada)

Quando uma tensão  $V$  é aplicada através dos terminais de um resistor, uma corrente  $I$  fluirá através da resistência em proporção directa a essa tensão. O recíproco da constante de proporcionalidade é conhecido como a resistência  $R$ , uma vez que, com uma dada tensão  $V$ , um valor maior de  $R$  ainda "resiste" ao fluxo de corrente  $I$  dado pela lei de *Ohm*:

*Equação 4: Corrente dada pela lei de Ohm*

$$I = \frac{V}{R}$$

### **3.5.5 Capacitor**

Um capacitor é um dispositivo usado neste projecto para armazenar carga eléctrica. Um condensador ou capacitor é um componente electrónico passivo constituído por um par de condutores separados por um dieléctrico. Quando existe uma diferença de potencial de tensão entre os condutores, está presente um campo eléctrico no dieléctrico. Este campo armazena energia e produz uma força mecânica entre as placas.



Figura 20: Capacitores

(Ref: Fotografia do circuito do sistema tirada pelo autor e posteriormente editada)  
Na prática, o dielétrico entre as placas passa uma pequena quantidade de corrente de fuga e também tem um limite de força de campo elétrico, resultando numa tensão de ruptura, enquanto os condutores introduzem uma indutância e resistência indesejáveis.

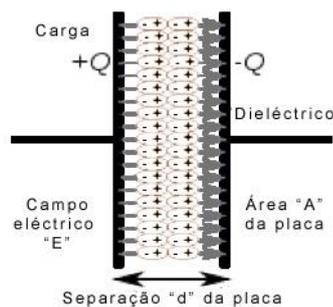


Figura 21: Cargas e placas do capacitor condutor

Modelo de placa paralela

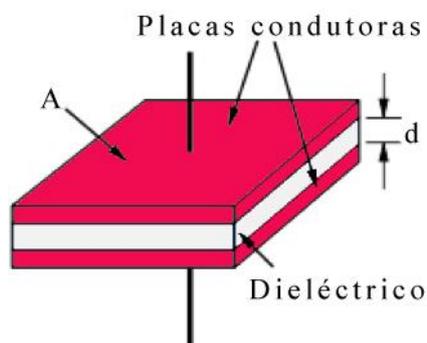


Figura 22: Duas placas paralelas separadas por dielétrico

O dielétrico é colocado entre duas placas condutoras, cada uma com área  $A$  e com uma separação de  $d$  separadas por um dielétrico com permissividade  $\epsilon$ . Considera-

se que as placas se estendem uniformemente sobre uma área  $A$  e uma densidade de carga  $\pm \rho = \pm Q / A$  existente na sua superfície. Assumindo que a largura das placas é muito maior que sua separação  $d$ , o campo eléctrico próximo ao centro do dispositivo será uniforme com a magnitude  $E = \rho / \epsilon$ . A tensão é definida como a integral de linha do campo eléctrico entre as placas.

*Equação 5: Tensão*

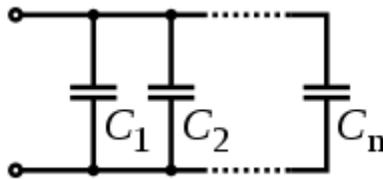
$$V = \int_0^d Edz = \int_0^d \frac{\rho}{\epsilon} dz = \frac{\rho d}{\epsilon} = \frac{Qd}{\epsilon A}$$

Resolvendo isto para  $C = Q / V$  revela que a capacitância aumenta com a área e diminui com a separação.

*Equação 6: Capacitância*

$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

A capacitância é, portanto, maior em dispositivos feitos de materiais com alta permissividade.



*Figura 23: Alguns capacitores em paralelo*

### 3.5.6 Botão



*Figura 24: Botão*

(Ref: Fotografia do circuito do sistema tirada pelo autor e posteriormente editada)

Um botão é um mecanismo de interruptor simples para controlar algum aspecto de uma máquina ou um processo. Botões são normalmente feitos de material duro,

geralmente plástico ou metal. A superfície é geralmente plana ou moldada para acomodar o dedo humano ou mão, de modo a ser facilmente pressionado ou empurrado. Os botões são mais frequentemente comutados, embora até mesmo muitos botões desviados (devido à sua natureza física) requerem uma mola para retornar ao seu estado não empurrado.

Botão pressionar para ligar:



*Figura 25: Botão pressionar para ligar*

Inicialmente, os dois contactos do botão estão abertos. Quando o botão é pressionado eles ficam conectados. Isto faz a operação de comutação usando o botão de pressão.

### **3.5.7 Oscilador de cristal**

Um oscilador de cristal *KDS16.000* é usado para o monitoramento da saúde de um paciente baseado em *IoT* usando ATMEGA328 e ESP8266 para criar um sinal eléctrico com uma frequência bastante precisa de *16 Mhz*. Esta frequência é usada para medir precisamente o tempo de contracção. Quando a contracção chega a um certo ponto, o circuito libera a tensão e o cristal relaxa, chegando ao ponto de uma nova contracção. Assim, os tempos de contracção e relaxação desse ciclo determinam uma frequência de operação do clock do microcontrolador ATmega328.



*Figura 26: Oscilador de cristal*

### **3.5.8 Filtro**

Filtro capacitativo é usado neste projecto para remover as ondulações da saída do rectificador e suavizar a *CC*. A saída recebida a partir deste filtro é constante até que a tensão da rede e carga é mantida constante. No entanto, se qualquer um dos dois é variado, a tensão *CC* recebida neste ponto muda. Portanto, um regulador é aplicado no estágio de saída.

O filtro capacitativo simples é o tipo mais básico de filtro de alimentação. O uso deste filtro é muito limitado. Às vezes é usado em fontes de alimentação de alta tensão e baixa corrente para tubos de electrões de raios catódicos e similares que requerem muito pouca corrente de carga da fonte. Este filtro também é usado em circuitos onde a frequência de ondulação da fonte de alimentação não é crítica e pode ser relativamente alta. A figura abaixo pode mostrar como o filtro carrega e descarrega.

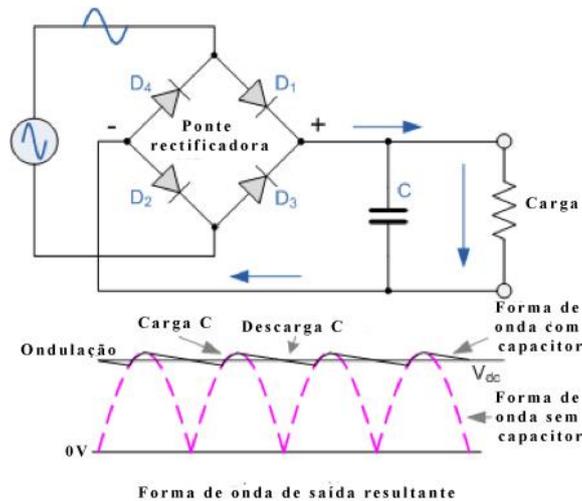


Figura 27: Filtro

### 3.6 ESPECIFICAÇÕES DO PROGRAMA

- Compilador arduino;
- Linguagem de programação do microcontrolador: C;
- IOTGecko.

### 3.7 LIMITAÇÕES

Como qualquer tipo de tecnologia em surgimento sempre existem condições favoráveis e desfavoráveis em utilizar tais sistemas.

Algumas das limitações do monitoramento remoto são de pouca preocupação e podem ser solucionados pelos provedores ou os destacados departamentos de engenharia.

Outros, todavia, representam quebras que continuam a embaraçar facilidades médicas e provedores de saúde.

### **3.7.1 Acesso Limitado**

Requere-se uma boa conexão a Internet quando estiver-se a implementar um protótipo de monitoramento da saúde do paciente baseado em *IoT* usando ATMEGA328 e ESP8266, que torna muito difícil o acesso para pequenos centros de saúde e facilidades encontradas em zonas rurais ou áreas reconvidas. Considerações económicas também são um problema em algumas dessas facilidades e mesmo em áreas urbanas que tenham as mínimas condições mas um financiamento apertado.

Também nem todos os pacientes possuem os meios tecnológicos que suportam um monitoramento da saúde do paciente baseado em *IoT* usando ATMEGA328 e ESP8266 a sua disposição. Nem todos tem um telemóvel inteligente, há pacientes que simplesmente não usam telemóveis e idosos ou pacientes com distúrbios sem facilidade em utilizar tecnologias requeridas (42).

### **3.7.2 Fraca compra por parte dos clientes e provedores**

Monitoramento da saúde do paciente baseado em *IoT* usando ATMEGA328 e ESP8266 é uma das iniciativas menos aderidas pelos pacientes. Investigadores explicam que a relativa falta de entusiasmo pelo monitoramento da saúde do paciente baseado em *IoT* usando ATMEGA328 e ESP8266 é devido ao facto destes dispositivos não estarem disponíveis para todos pacientes e estes não confiarem neles, até porque, para pacientes ficarem com o equipamento de monitoramento da saúde e fazerem o devido controlo deixa os clínicos nervosos. Alguns físicos tem expressado preocupações sobre a integridade (ou precisão) dos dados recuperados e alguns pacientes queixam-se de questões de segurança, isto é, do potencial dos seus dados de saúde serem interceptados por terceiros e serem usados para propósitos maléficos (42).

### **3.7.3 Falta do envolvimento dos provedores**

Em adição a incredulidade dos provedores e tolerância ao infamiliar, alguns enfermeiros também expõe dúvidas que o monitoramento da saúde do paciente baseado em *IoT* usando ATMEGA328 e ESP8266 vai ajudar a aumentar a responsabilidade e tornar pacientes de alto risco em pacientes de baixo risco. Alguns médicos e enfermeiros no início recusaram na primeira tentativa de implementar o

monitoramento, aumentaram os requisitos de *software* e problemas de compatibilidade com sistemas electrónicos médicos (42).

#### **3.7.4 Taxas de erro de utilitários de monitoramento da saúde do paciente baseado em *IoT***

A confiabilidade e precisão de alguns dispositivos vestíveis também foram questionadas entre os médicos, que citaram o facto de os fabricantes fornecerem pouca ou nenhuma documentação para apoiar a confiabilidade e precisão de seus produtos. Muitos deles relutam em apostar sua reputação e a saúde do paciente em dispositivos para os quais as taxas de erro são desconhecidas. Uma revisão recente na JAMA Dermatology mostrou que os aplicativos de telemóvel inteligente para detecção de melanoma têm uma taxa de falha de 30%, e as comparações entre vários protótipos vestíveis mostraram grandes variações na precisão entre os diferentes dispositivos, com margens de erro de até 25% (42).

#### **3.7.5 Monitoramento não é efectuado em tempo-real**

Finalmente, há o facto de que o monitoramento da saúde do paciente baseado em *IoT* usando ATMEGA328 e ESP8266 não é o monitoramento do paciente em tempo real. Apesar das suposições em contrário, monitoramento da saúde do paciente baseado em *IoT* representa colecta de dados episódica (ou captura de dados episódica). Isso significa que um dispositivo de monitoramento da saúde do paciente baseado em *IoT* — vestível ou não — transmite dados para a instalação remota que são colectados em horários e intervalos específicos ou quando ocorrem eventos específicos. Isso pode ser problemático porque eventos médicos significativos podem “escorregar pelas rachaduras” durante os intervalos em que o paciente efectivamente não está a ser monitorado. Um paciente que tenha uma crise médica durante um desses intervalos fica sozinho até o próximo ponto de tempo de colecta de dados designado (42).

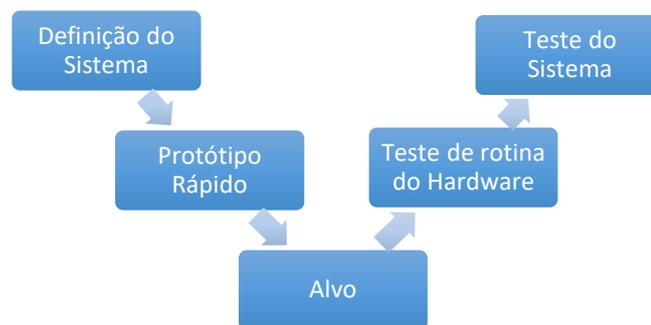
## 4 CAPÍTULO 4

### 4.1 METAS DO PROJECTO

As metas que devem ser atingidas com este projecto são:

- Construir um projecto que atenda as especificações do sistema de monitoramento da saúde de um paciente baseado em *IoT* usando ATMEGA328 e ESP8266;
- Integrar os diversos componentes de entrada e de saída responsáveis pela leitura e amostragem dos parâmetros físicos do corpo humano;
- Testar o projecto;
- Elaborar uma base de dados de maneira a fornecer informação actualizada, precisa e confiável;
- Enunciar as vantagens e desvantagens do projecto.

### 4.2 IMPLEMENTAÇÃO DO PROJECTO



*Figura 28: Modelo V de ciclo de sistemas incorporados.*

O modelo V de ciclo de sistemas incorporados é um termo aplicado a uma gama de modelos, desde um modelo conceitual projectado para produzir uma compreensão simplificada da complexidade associada ao desenvolvimento de sistemas para modelos de ciclo de vida de desenvolvimento rigoroso e detalhado de modelos de gerenciamento de projectos. Cada fase de teste é identificada com sua fase de desenvolvimento correspondente, conforme mostrado na figura 28.

O lado esquerdo do “V” representa a decomposição dos requisitos e a criação das especificações do sistema. O lado direito do “V” representa a integração das peças e sua validação ou verificação.

Validação é a garantia de que um produto, serviço ou sistema atende às necessidades do cliente e outras partes interessadas identificadas. Muitas vezes envolve aceitação e adequação com clientes. Contrário de verificação. Verificação é a avaliação de se um produto, serviço ou sistema está ou não em conformidade com um regulamento, requisito, especificação ou condição imposta. Frequentemente, é um processo interno. Contrário de validação (10).

### **Características do sistema incorporado**

Um sistema incorporado é qualquer sistema de computador embutido dentro de um produto que não seja um computador.

Encontrou-se uma série de dificuldades ao escrever o *software* do sistema embutido.

- Rendimento - O sistema precisa de lidar com uma grande quantidade de dados num curto período de tempo.
- Resposta - O sistema precisa de reagir a eventos rapidamente.
- Testabilidade - Ajustar o equipamento para testar o *software* embutido foi difícil.
- Depurabilidade - Sem uma tela ou um ecrã foi preocupante descobrir o que o *software* estaria a fazer de errado.
- Confiabilidade - sistemas embutidos devem ser capazes de lidar com qualquer situação sem intervenção humana.
- Espaço de memória - a memória é limitada em sistemas embutidos, o *software* e os dados têm que se encaixar em tudo o que existe na memória.
- Instalação de programas - precisa-se de ferramentas especiais para obter o *software* em sistemas embutidos.
- O consumo de energia - sistemas portáteis devem funcionar com energia de bateria e o *software* nesses sistemas deve conservar energia.
- Processador - computação que requer grandes quantidades de tempo de *CPU* pode complicar o problema de resposta.
- Custo - reduzir o custo do *hardware* é uma preocupação em muitos projectos de sistemas embutidos; o *software*, muitas vezes, opera em *hardware* que é apenas adequado para o trabalho.

- Sistemas embutidos têm um microprocessador / microcontrolador e uma memória. Alguns têm uma porta serial ou uma conexão de rede. Eles geralmente não têm teclados, ecrã ou unidades de disco.

#### 4.2.1 Projecto de placa de circuito impresso

##### Etapas do projecto de PCB:

- Criação de arquivos *PCB*;
- Carregar os arquivos *CNC*;
- Moagem de Isolamento;
- Perfuração;
- Montagem de componentes de solda.

##### Ficheiros da placa de circuito impresso:

1. Os arquivos de *PCB* podem ser criados em diversos aplicativos disponíveis no mercado, sendo alguns gratuitos e outros necessitando de pagamento.
2. Alguns dos nomes dos aplicativos são *Eagle PCB*, *Proteus*, *Easy PCB*, etc.
3. O material de *design* pode ser feito usando os recursos do explorador de *layout* deste *software*.
4. A segunda etapa será a criação de arquivos legíveis por *CNC*. O formato de arquivo gerado pelo aplicativo anterior geralmente não é compreensível pelo aplicativo da máquina *CNC*.
5. Portanto, aqui temos um aplicativo intermediário como o *CopperCam*, que converte esses formatos de arquivo naqueles que podem ser lidos pelo aplicativo da máquina *CNC*.
6. O arquivo da camada de cobre e os arquivos da camada de perfuração são gerados separadamente pelo aplicativo.
7. Uma vez que os arquivos legíveis do *CNC* são gerados, eles podem ser carregados para o aplicativo *CNC* (o aplicativo *CNC* vem com a própria máquina e é recomendado pelo seu fabricante).

##### Aplicativo CNC:

1. O *software CNC* requer apenas os arquivos *CNC* como entrada e quando esses arquivos são carregados, a máquina fica pronta para funcionar.

2. Usando o *software CNC* podemos ajustar e configurar os pontos de referência de fresagem e a velocidade com que o trabalho será feito.
3. Para a criação dos trilhos, a fresagem de isolamento é realizada com broca de fresagem.

#### Montagem de componentes:

1. Os componentes *DIP* precisam de orifícios na placa de circuito impresso. Já os componentes *SMD* podem ser montados e soldados directamente na superfície da placa de circuito impresso.
2. Normalmente lida-se com componentes *DIP*, pois eles são fáceis de usar enquanto fazemos uma placa de circuito impresso menos densamente povoada.
3. Portanto, insere-se os componentes e solda-se um por um.
4. O lado onde a solda é feita é o lado do cobre.
5. O lado oposto do lado do cobre é o lado da tela de seda.

Na verdade, para cada sensor *datasheets* (planilha de dados) estão disponíveis nos anexos que foram retiradas dos locais na rede Internet. Em que tudo relacionado ao componente é dado qual resistor usar, deste modo, todo circuito é dado. Então, consultou-se as planilhas de dados para poder-se montar o circuito.

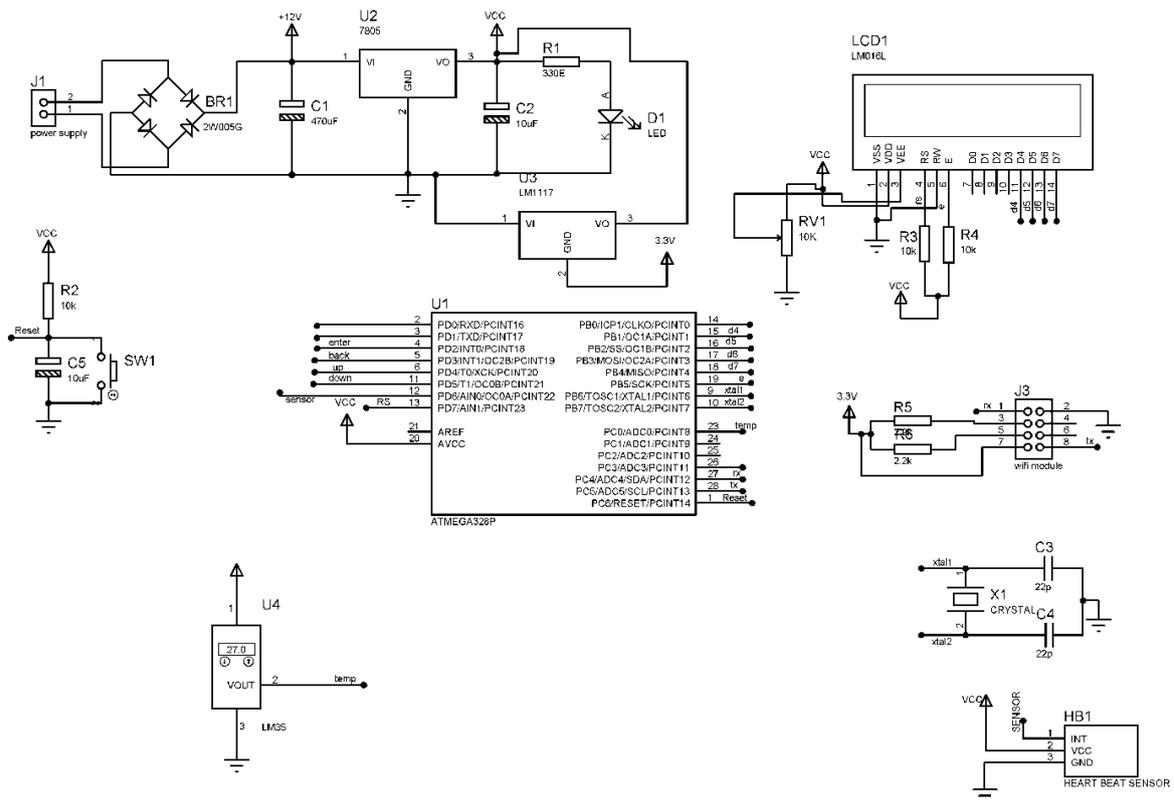


Figura 29: Diagrama esquemático do projecto

O diagrama da figura 29 foi feito no programa denominado “proteus”, onde as mesmas etiquetas, significam que eles estão conectados um ao outro.

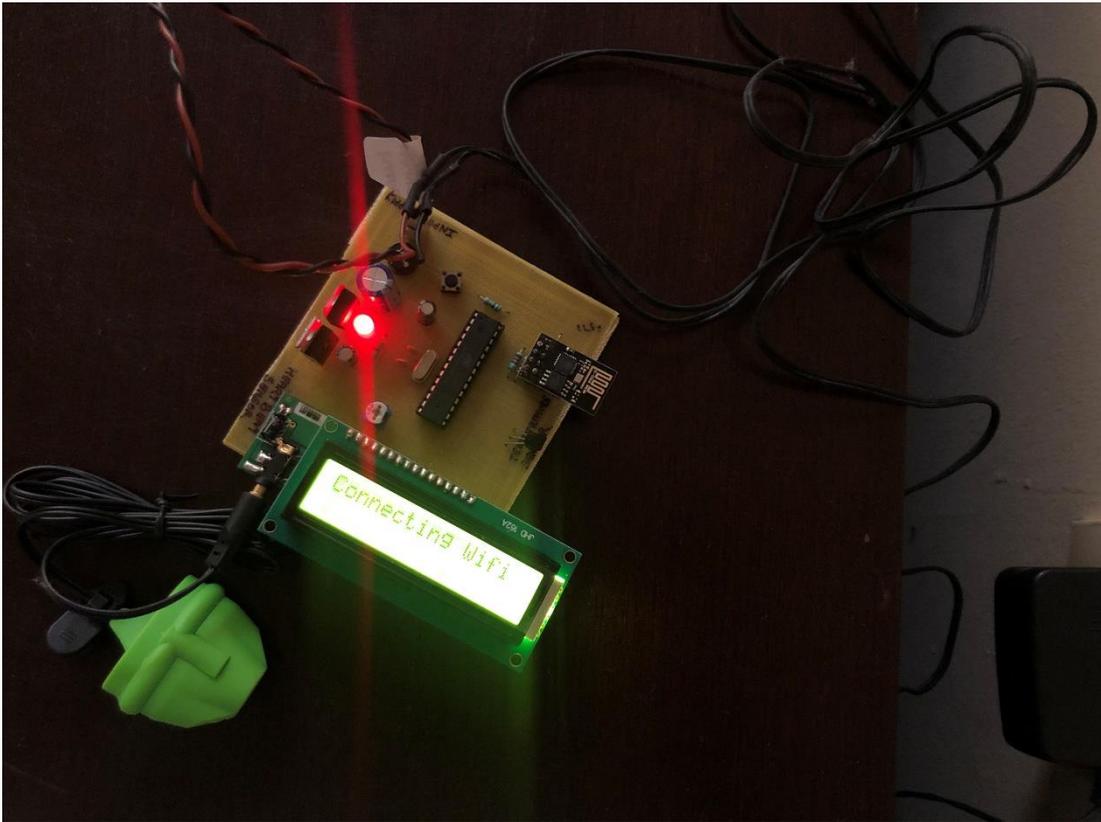
Por exemplo: onde vê-se o 12º pino do arduino e o 1º pino do sensor de batimentos cardíacos, há uma etiqueta denominada "sensor" que significa que ambos estão conectados um ao outro.

1. Imprimiu-se o circuito do anexo 8 numa placa de bronze com todas conexões feitas.
2. Soldaram-se os 28 pinos do microcontrolador *ATMEGA328P* a placa de circuito impresso.
3. Soldaram-se os dois pinos do botão de redefinição *SW1* (*reset*), os dois pinos da resistência *R2* e os dois pinos do díodo *D2* a placa de circuito impresso fazendo uma conexão de um dos terminais do botão de redefinição *SW1* (*reset*) a um dos terminais do díodo *C5*, a um dos terminais da resistência *R2* e ao pino 1 do microcontrolador *ATMEGA328P* que tem como função redefinir o circuito. Conectou-se o botão de redefinição *SW1* (*reset*) ao pino 20 do

microcontrolador *ATMEGA328P* que se refere a tensão de corrente contínua *VCC* através do outro pino da resistência *R2*. Conectou-se o outro pino do botão de redefinição *SW1* (*reset*) ao outro pino do diodo *C5* e os dois pinos a terra.

4. Soldaram-se os três pinos da placa do sensor de batimentos cardíacos a placa de circuito impresso. Conectou-se o pino de saída 1 da placa do sensor de batimentos cardíacos ao pino 12 do microcontrolador *ATMEGA328P*. Conectou-se o pino 2 da placa do sensor de batimentos cardíacos ao pino 20 do microcontrolador *ATMEGA328P* que se refere a tensão de corrente contínua *VCC*. Conectou-se o pino 3 da placa do sensor de batimentos cardíacos a terra.
5. Soldaram-se os três pinos do sensor de temperatura *LM35* a placa de circuito impresso.
6. Soldaram-se os três pinos do regulador de tensão *U2*. Soldaram-se os três pinos do regulador de tensão *U3*. Soldaram-se os dois pinos da fonte de energia a placa de circuito impresso. Soldaram-se os 4 pinos do retificador em ponte a placa de circuito impresso. Soldaram-se os dois pinos do capacitor *C1* a placa de circuito impresso. Soldaram-se os dois pinos do *LED D1* a placa de circuito impresso. Soldaram-se os dois pinos do capacitor *C2* a placa de circuito impresso. Soldaram-se os dois pinos da resistência *R1* a placa de circuito impresso.
7. Soldaram-se os dois pinos do capacitor *C3* a placa de circuito impresso. Soldaram-se os dois pinos do capacitor *C4* a placa de circuito impresso. Soldaram-se os dois pinos do cristal *X1* a placa de circuito impresso.
8. Soldaram-se os dois pinos do conector a placa de circuito impresso. Soldou-se os dois pinos da resistência *R3* a placa de circuito impresso. Soldaram-se os dois pinos da resistência *R4* a placa de circuito impresso. Soldaram-se os 16 pinos do LCD1 a placa de circuito impresso.
9. Soldaram-se os oito pinos do módulo sem fios a placa de circuito impresso. Soldaram-se os dois pinos da resistência *R6* a placa de circuito impresso. Soldaram-se os dois pinos da resistência *R5* a placa de circuito impresso.

#### 4.2.2 Descrição



*Figura 30: Protótipo do Sistema de Monitoramento da Saúde do Paciente baseado em IoT usando ATmega328 e ESP8266*

(Ref: Fotografia do circuito do sistema tirada pelo autor e posteriormente editada)

#### **Fonte de energia**

O circuito usa fonte de alimentação padrão que compreende um transformador step-down de 230 V a 12 V e 4 díodos que formam um retificador em ponte que fornece um DC pulsante que é então filtrado por um capacitor electrolítico de cerca de 470  $\mu F$  a 1000  $\mu F$ . A CC filtrada não sendo regulada, o IC LM7805 é usado para obter constante de 5 V CC no seu pino 3 independentemente da entrada CC variando de 7 V a 15 V. A entrada DC deve ser variável, no caso de entrada AC em 230 V secção varia de 160 V a 270 V na relação da tensão primária  $V_1$  do transformador para tensão secundária  $V_2$  governada pela fórmula  $V_1 / V_2 = N_1 / N_2$ . Como  $N_1 / N_2$ , isto é, número de voltas no primário para o número de voltas para o secundário permanece inalterado  $V_2$  é directamente proporcional a  $V_1$ . Se o transformador entrega 12 V em entrada de 220 V ele dará 8.72 V em 160 V. Similarmente em 270 V dará 14.72 V. Entretanto, a tensão de CC na entrada do regulador muda de cerca

de 8 V para 15 V por causa da variação de tensão CA de 160 V para 270 V a saída do regulador permanecerá constante em 5 V.

A CC 5 V regulada é ainda filtrada por um pequeno capacitor electrolítico de 10  $\mu F$  para qualquer ruído gerado pelo circuito. Um LED é conectado deste ponto de 5 V em série com uma resistência de limitação de corrente de 330  $\Omega$  ao solo, isto é, tensão negativa para indicar a disponibilidade da fonte de alimentação de 5 V. O ponto não regulado de 12 V é usado para outras aplicações como e quando necessário.

### **Reiniciar**

O pino n.º 1 é proporcionado com uma disposição de reinicialização por uma combinação de um condensador electrolítico e um registo que forma uma constante de tempo  $RC$ . No momento da ligação, o condensador é carregado e comporta-se como um curto-circuito completo do positivo para o número de pino 1. Depois que o condensador fica totalmente carregado, a corrente para de fluir e o número de pino 1 desce, que é puxado para baixo por uma resistência de 10  $k\Omega$  para o chão. Esta disposição de reposição no pino 1 vai para cima inicialmente e depois para o 0 lógico, isto é, ajuda a execução do programa a iniciar desde o início. Na ausência desta, a execução do programa poderia ter ocorrido arbitrariamente em qualquer lugar do ciclo do programa. Um interruptor de botão de pressão está ligado através do condensador de modo que em qualquer momento dado como desejado pode ser pressionado de tal forma que descarrega o condensador e, quando libertado, o condensador começa a carregar novamente, e então o pino número 1 vai para o alto e depois para o baixo para permitir a execução do programa desde o início. Esta operação de mudança de estado do pino de reinicialização ocorre em fracção de segundo, conforme decidido pela constante de tempo  $R$  e  $C$ .

### **4.3 PROGRAMAR O MICROCONTROLADOR NO ARDUINO IDE**

Neste dispositivo monitora-se alguns importantes parâmetros físicos do corpo humano como a temperatura e os batimentos cardíacos usando sensores acoplados ao microcontrolador. O microcontrolador processa os valores dos sinais analógicos dos parâmetros de saúde separadamente e converte-os em valores de sinais digitais usando um conversor analógico-digital.

Os valores digitais do microcontrolador são enviados a tela *LCD* mostrando ao paciente ou acompanhante a temperatura do corpo bem como os batimentos cardíacos e estes mesmos valores também são enviados ao *website* através do módulo sem fios.

No caso de uma situação crítica que careça de uma atenção imediata um sinal sonoro é emitido.

Para desenvolver um novo sistema no *Arduino IDE*, deve-se baixar e instalar o *IDE* do *Arduino* (ambiente de desenvolvimento integrado). O *Arduino IDE* foi utilizado para ser o Programador do *Arduino* no monitoramento da saúde do paciente baseado em *IoT* usando *ATMEGA328* e *ESP8266*. O *ArduinoProgrammer* baseia-se no *Processing IDE* e utiliza uma variação das linguagens de programação *C* e *C++*. O *Arduino IDE* existe para os sistemas operativos *Windows*, *Mac* e *Linux*. Para programar o *Arduino* seguiu-se os seguintes passos:

1. Abriu-se o *Arduino IDE*;
2. Configurou-se o tipo de placa e a porta serial. Para definir a placa vai-se às ferramentas depois placas e selecciona-se a versão *Arduino Uno*. Para definir a porta serial vai-se às ferramentas depois porta serial e selecciona-se a porta serial que se parece com */dev/tty.usbmodem*;
3. Escreveu-se o nome do Programa;
4. Da mesma forma, escreveu-se o local onde se desejou que o programa fosse guardado (navegando para o local e seleccionando-o também);
5. Clicou-se em *OK* logo que se teve certeza de que as etapas acima mencionadas foram feitas correctamente;
6. Escreveu-se o programa *C* usando o código apresentado no anexo. O editor inicia o programa *C*, fornecendo a estrutura mostrada no editor;
7. Guarda-se o projecto, uma vez feita a programação.

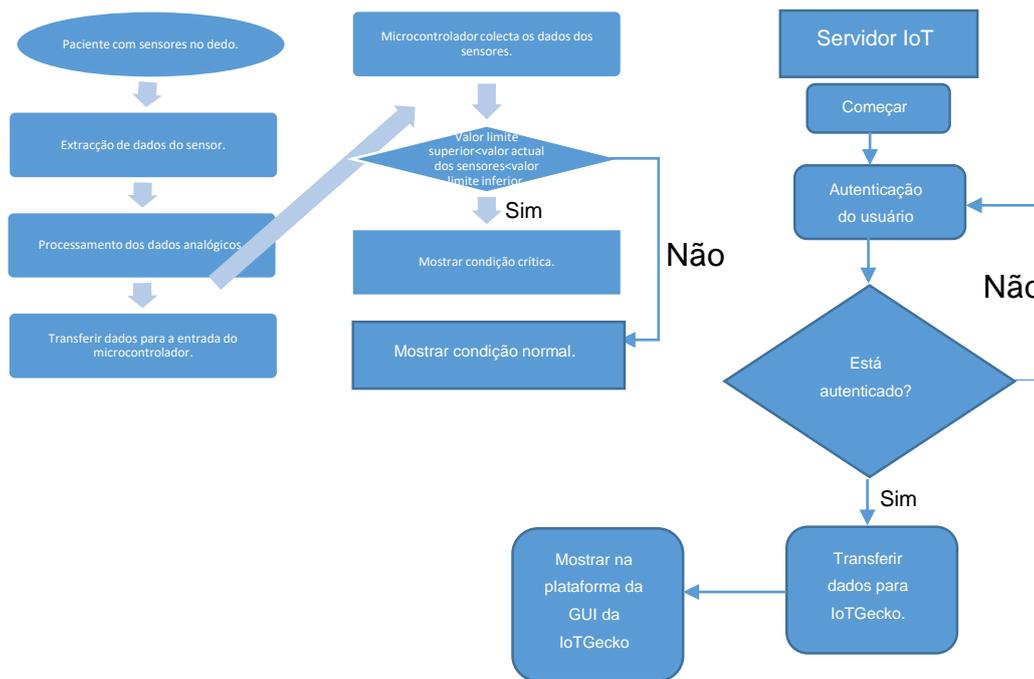


Figura 31: Fluxograma do sistema

O fluxograma acima descreve o algoritmo de programação e todo o processo.

### 1ª Fase:

O módulo é composto por sensores e sinais de circuitos condicionais. Os sensores detectam os parâmetros físicos como a temperatura e batimentos cardíacos. Esses parâmetros são convertidos em corrente ou tensão por sensores diferentes. Os sensores fornecem muito baixa classificação de corrente e tensão, portanto, há uma necessidade de condicionamento de sinal. O condicionamento de sinal é feito através de amplificadores e filtros para evitar ruído e atenuação.

### 2ª Fase:

O sinal é então transferido para o microcontrolador. O algoritmo é tal que compara o valor mais alto e o valor mais baixo com o valor actual dos sensores e a condição do paciente é exibida na tela LCD.

### 3ª Fase:

Os dados são então enviados para a nuvem usando o módulo Wi-Fi. O módulo Wi-Fi está conectado ao servidor com a ajuda do hotspot criado pelo roteador. Esses valores são exibidos no formato da GUI.

#### 4.4 TESTE DO SISTEMA

Nesta base de dados criada no excel na forma de tabela a título de exemplo o médico pode verificar informações registadas por ele ou por algum assistente de saúde sobre alguns parâmetros da saúde do paciente. Estes dados podem ser analisados pelo médico para tomar algumas precauções como também para tentar prever irregularidades nas condições de saúde e recomendar ou não mudanças na medicação bem como no tratamento indicando com que frequência pode receber visitas.

#### Monitoramento da saúde do paciente baseado em IoT usando ATMEGA328 e ESP8266

Nome: \_\_\_\_\_

	Batimentos cardíacos	Temperatura
Alvo*	<b>70-100</b>	<b>35.9-37.5</b>
Contactar medico se acima de:	<b>100</b>	<b>38.4 (febre intensa)</b>

Contacto do médico +258 8X XXX XXX X

\* Valores alvo para um bom funcionamento do corpo do paciente

Data	Período	Batimentos cardíacos	Temperatura
1/11/21	Manhã	72	35.9
1/11/21	Noite	75	36.3
2/11/21	Manhã	70	35.4
2/11/21	Noite	68	36.6
3/11/21	Manhã	70	35.8
3/11/21	Noite	72	35.1
4/11/21	Manhã	78	36.7
4/11/21	Noite	69	36.9
5/11/21	Manhã	75	35.7
5/11/21	Noite	72	35.6
6/11/21	Manhã	69	36.1
6/11/21	Noite	66	35.2
7/11/21	Manhã	67	36.5
7/11/21	Noite	72	35.3

Tabela 6: Exemplar dos dados do paciente

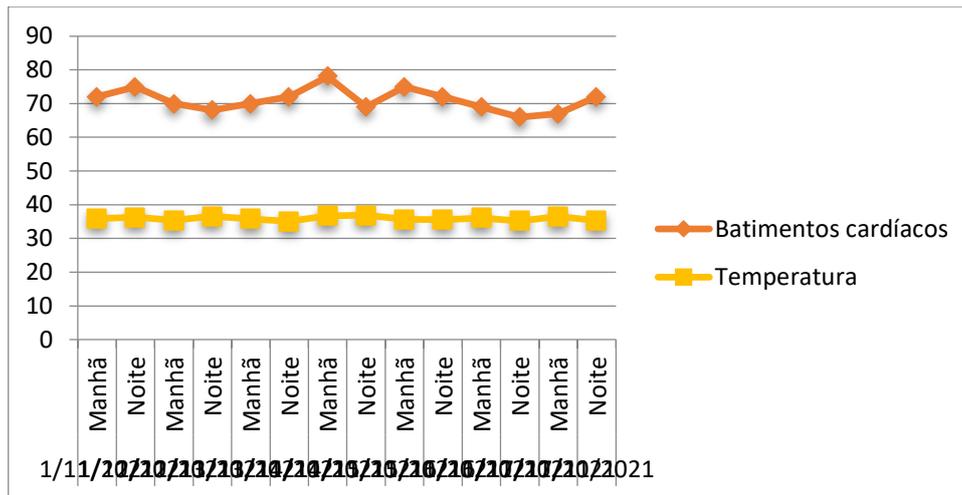


Figura 32: Exemplo do gráfico do paciente (Melhor visualização no excel)

## 4.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS

### VANTAGENS

- O paciente pode evitar ataques cardíacos;
- O paciente pode evitar hipertermia;
- O paciente pode evitar hipotermia;
- O paciente pode ser monitorado à distância através da internet.

### DESVANTAGENS

- O paciente não pode ser monitorado a distância caso não haja acesso a internet do lado do paciente ou do lado de quem controla;
- Uma vez configurado o *modem wi-fi* com o *SSID* e a senha do *router* ou do *hotspot* móvel, estes não poderão ser alterados visto que não é viável remover a solda do módulo sem fios e voltar a configurá-lo num computador para posteriormente voltar a soldá-lo à placa de circuito impresso;
- Em caso de se pretender controlar mais do que um paciente, terá que se criar mais do que uma conta no *website* que possui a plataforma de controlo e o monitoramento terá que ser feito em contas diferentes, o que não é prático, visto que o browser só poderá atender a uma conta por sessão.

## 5 CAPÍTULO 5

### 5.1 INTERFACE GRÁFICA DO UTILIZADOR

Este trabalho foi desenvolvido para garantir que as páginas da interface do usuário sejam facilmente compreensíveis e a navegação entre as páginas sejam óbvias. Abaixo estão uma lista de páginas da web que o usuário pode navegar entre e são mostradas em detalhes.

#### 5.1.1 Iniciar sessão na página da rede Internet

Aqui o médico ou cuidador insere as credenciais exclusivas do paciente. Uma vez que as credenciais são verificadas, a página de início de sessão será navegada para a página de monitoramento vital do paciente, onde o médico ou zelador pode visualizar as leituras vitais actuais do paciente. Aqui as credenciais exclusivas do paciente devem ser mantidas confidenciais pelo médico e cuidador para proteger a privacidade dos dados do paciente.

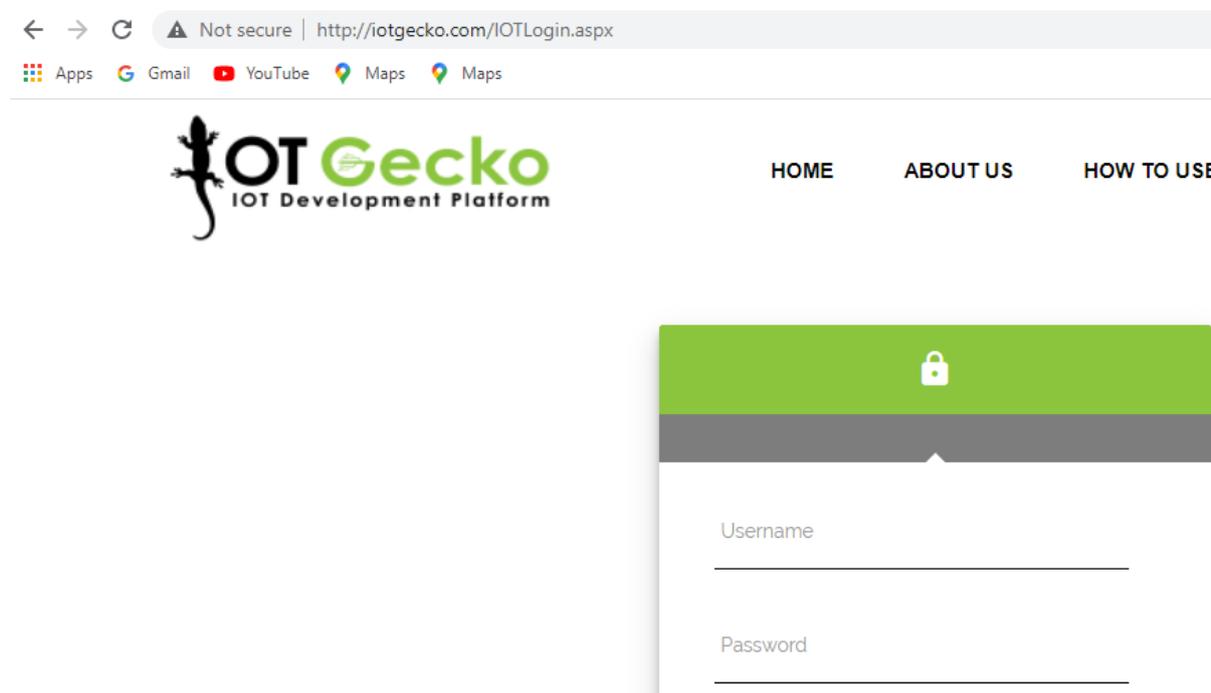


Figura 33: Página de início de sessão

### 5.1.2 Página de monitoramento vital do paciente

Após o login do médico ou cuidador com sucesso, qualquer um pode visualizar os dados vitais do paciente ao vivo: as informações que incluem temperatura e batimentos cardíacos sem precisar ligar o protótipo, a leitura da temperatura será de 24 °C e a leitura dos batimentos cardíacos será mostrada como zero.

Privacidade dos dados do paciente: os dados são criptografados durante o envio para o servidor de banco de dados *IoTGecko* e são descriptografados ao retransmitir os mesmos dados na página da rede de Internet.

Nas imagens abaixo, é mostrado em detalhes que as leituras actuais do paciente são exibidas na página de monitoramento vital do paciente sem qualquer erro. Caso o dispositivo não esteja conectado ou ambos sensores não estiverem conectados ao paciente mas já se tenha realizado uma primeira verificação com o protótipo ligado e os sensores conectados, esta página exibirá apenas as últimas leituras conhecidas que foram armazenadas no banco de dados. Para cada faixa etária é possível estabelecer um intervalo específico de batimentos cardíacos em que se o paciente tiver um valor medido abaixo do mínimo estabelecido o sistema irá alertar tanto para um valor medido acima do máximo estabelecido o sistema também irá alertar.

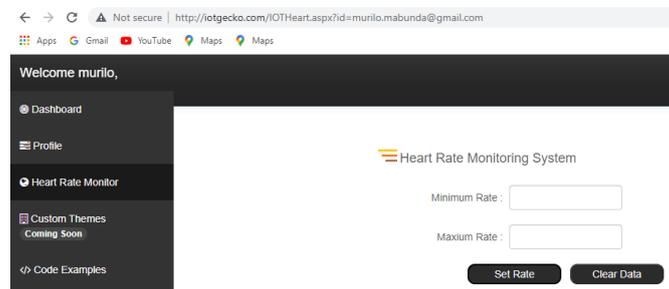


Figura 34: Página de monitoramento dos batimentos cardíacos

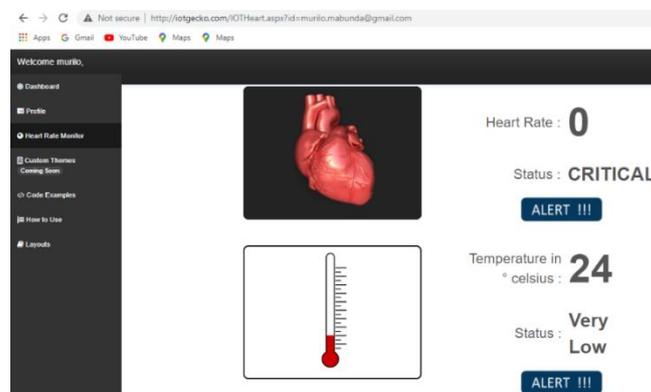


Figura 35: Página de monitoramento dos dados vitais do paciente com o protótipo desligado e sem ter feito a 1ª verificação

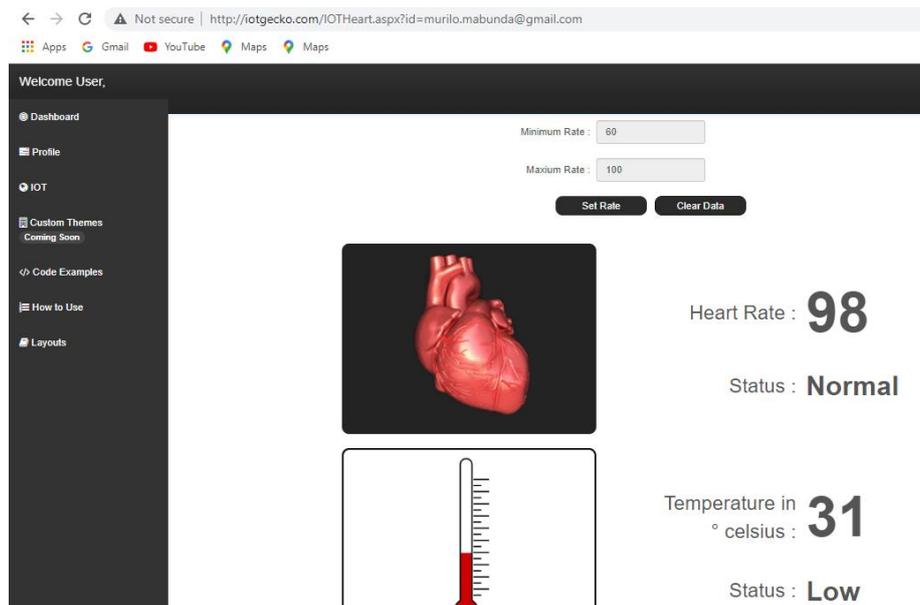


Figura 36: Página de monitoramento dos dados vitais do paciente com o protótipo ligado e com os sensores conectados ao paciente

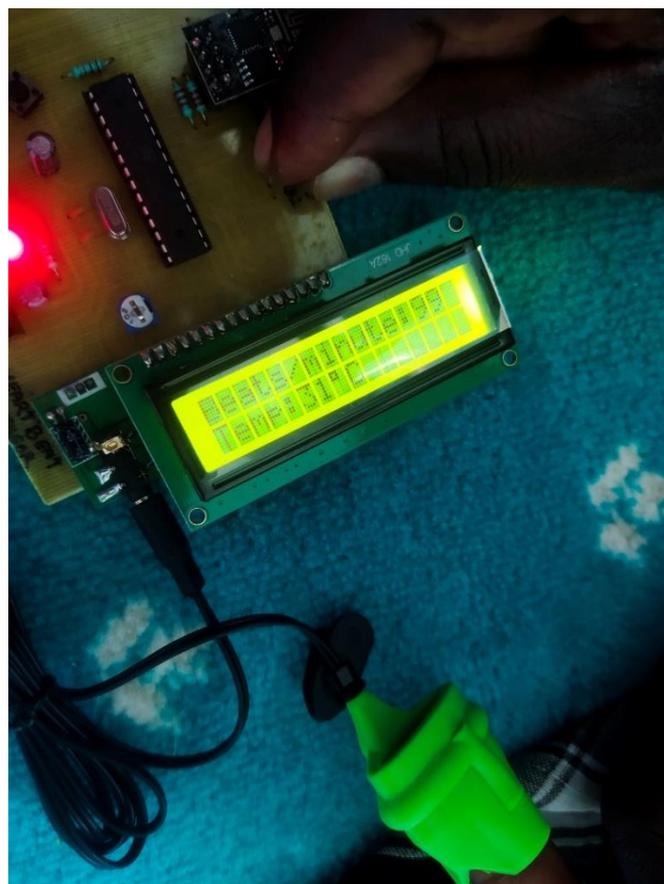


Figura 37: Protótipo ligado e com os sensores conectados ao paciente

A temperatura mostrada na figura 37 é de 31 °C o que indica que o paciente pode ter uma temperatura abaixo do recomendável ou o protótipo não apresenta valores precisos. Para saber se os valores são precisos faz-se a comparação deste protótipo com outros instrumentos já estabelecidos e com algum certificado de padronização.

## 6 CAPÍTULO 6

### 6.1 CUSTO DO PROTÓTIPO

Os componentes para a realização deste projecto foram adquiridos na Internet através da compra *online* com o cartão *visa* pré-pago do banco único, de acordo com o valor gasto de 7691,216 MT na compra dos componentes que compõem o projecto. Pode-se afirmar que o projecto é viável dada a grande importância deste monitoramento da saúde do paciente baseado em IoT usando ATMEGA328 e ESP8266 e uma vez que a saúde é uma das prioridades na vida de um homem. A tabela que se segue em baixo pormenoriza os componentes, as quantidades e o respectivo preço.

<b><u>Conta dos materiais<sup>2</sup></u></b>		
<b><u>Nome do componente</u></b>	<b><u>Quantidade</u></b>	<b><u>Preço(MT)</u></b>
<b><u>Resistências</u></b>		
330R	1	1,09
10K	1	0,826
2.2K	1	1,09
<b><u>Díodos</u></b>		
2W005G	1	1,53
LED(vermelho)	1	10,5
<b><u>Capacitores</u></b>		
470uF/35V	1	14,89
10uF/63V	2	6,57
22pF Cerâmica	2	3,94
<b><u>Circuitos integrados</u></b>		
7805	2	59,13
ATmega328	1	512

---

<sup>2</sup><http://www.soldafria.com.br/>

<http://www.ebay.com/>

LD33	1	25
<b><u>Bases de circuito integrado</u></b>		
28-PIN	1	714
<b><u>Variados</u></b>		
CRYSTAL 16MHz	1	15,33
Botão pressionável de 2 pinos	4	8,76
Adaptador 12V/1A	2	126,14
10K POT	2	26,71
Conector 4x2	1	151,4
Sensor de batimentos cardíacos	1	2340
Conector de 2 pinos	1	45,42
Placa de circuito impresso	1	41,40
Ferro de soldar	1	114,31
LCD 16x2	1	281,18
LM35	1	1960
Módulo sem fios	4	1230

Total = 7691,216mtn

*Tabela 7: Conta dos materiais*

## 7 CAPÍTULO 7

### 7.1 CONCLUSÃO

Sendo a saúde um bem-estar físico, espiritual, mental e sócio-económico de uma pessoa, o presente trabalho debruçou-se sobre o monitoramento da saúde do paciente baseado em *IoT* usando ATMEGA328 e ESP8266, com o objectivo geral de melhorar a assistência aos pacientes, num contexto de pouca disponibilidade de médicos e técnicos de saúde para um elevado número de pacientes.

O trabalho descreve os componentes de um sistema de monitoramento, bem como apresenta os custos envolvidos, o que leva a pensar na necessidade de planificação e orçamentação para a implantação e expansão de um tal sistema.

Daqui, pode-se concluir que com o monitoramento da saúde do paciente baseado em *IoT* com recurso a um microcontrolador conectado a um *modem* sem fios, é possível resolver o problema dos pacientes e os demais cidadãos que precisam de um constante monitoramento e evitar que problemas de saúde se agravem devido a falta de controlo por parte dos seus familiares e médicos possibilitando assim que os responsáveis pela saúde do paciente possam locomover-se para o local de trabalho ou outros locais sem alterar as suas rotinas, melhorando a assistência aos pacientes, num contexto de fraca disponibilidade de médicos e técnicos de saúde para um elevado número de pacientes, bem como expandir o uso de tecnologias de informação e comunicação a um maior número de utentes, na área da saúde. Para que tal acontecesse foi necessário estudar e projectar uma interface de integração entre o *hardware* e o *software* de forma a comunicar o microcontrolador ao sistema *web* estudando o mecanismo de conexão do sensor ao paciente de modo que traga resultados em tempo real relativamente ao estado de saúde do mesmo e em seguida desenvolveu-se uma base de dados com a informação dos pacientes a serem monitorados via Internet deste modo contribuindo para a melhoria dos serviços de saúde prestados ao cidadão.

## 7.2 RECOMENDAÇÕES

Desenvolver este trabalho contou muito com as dificuldades que os paciente e as pessoas que as rodeam têm para monitorar a saúde. Então procurou-se encontrar diversas soluções, mas não foi possível apresentar todas elas. Uma delas é o facto de que o paciente poderia ter um dispositivo que possui uma bateria recarregável e assim pudesse andar com o sistema no bolso como um telemóvel. Outra seria um dispositivo que para além de controlar o paciente via Internet o dispositivo pudesse enviar uma sms para uma central e, em seguida, para o médico no caso de se verificar que o paciente atingiu valores extremos.

Em resultado das constatações e conclusões do presente trabalho, são apresentadas a seguir as recomendações:

- Integrar ao aparelho um oxímetro para possibilitar a medição da saturação do oxigénio, que na benevolente opinião do Director Nacional de Assistência Médica, Ussene Isse, tornaria o aparelho completo para o monitoramento nas salas de internamento.
- Desenvolver uma base de dados com a informação dos pacientes a serem monitorados via Internet.
- Que haja investimento na produção de um aparelho melhorado para resolução de problemas identificados no diagnóstico dos pacientes.

Desse modo, poder-se-á falar em garantir que cada paciente tenha um instrumento de medição de temperatura e de batimentos, como forma de monitoria da sua saúde, onde quer que se encontre.

Não havendo investimento na produção, aquisição e disponibilização do aparelho proposto, o trabalho recomenda uma maior disponibilização, em lugares públicos de instrumentos de medição de temperatura e de batimentos cardíacos, a título gratuito ou a baixo custo, o que vai possibilitar algum controlo do estado de saúde dos cidadãos.

### 7.3 BIBLIOGRAFIA

Referências bibliográficas:

1. Boylestad, R. e Nashelsky, L. – Electronic devices and circuit theory; tradução Yamamoto, S.; revisão técnica Alves, A. F. 2013, 11ª edição, Pearson Education do Brasil, São Paulo.
2. Fink, D. G. e Christiansen, D. – Electronic engineers' handbook, 3rd ed., McGraw-Hill, United States of America.

Outra bibliografia consultada:

1. "O 8051 microcontrolador e sistemas embutidos" por Muhammad Ali Mazidi e Janice Gillispie Mazidi, Pearson Educação.
2. ATMEL 89S52 Folhas de dados.
3. Evans, D. - The Internet of Things: How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything. White Paper by Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), (April 2011).

### SITES

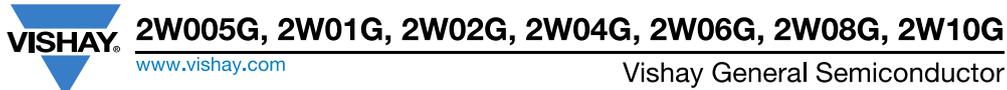
1. [www.atmel.com](http://www.atmel.com); 13 de Março de 2017
2. [www.beyondlogic.org](http://www.beyondlogic.org); 17 de Março de 2017
3. [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org); 12 de Abril de 2017
4. [www.howstuffworks.com](http://www.howstuffworks.com); 20 de Março de 2017
5. [https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Atmega328p%20datasheet&gclid=EAlaIqobChMIIntH--la\\_8glVSeJ3Ch14iglpEAAYASAAEgJu-PD\\_BwE](https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Atmega328p%20datasheet&gclid=EAlaIqobChMIIntH--la_8glVSeJ3Ch14iglpEAAYASAAEgJu-PD_BwE); 24 de Março de 2017
6. <https://www.researchgate.net/publication/327351155>; 23 de Janeiro de 2021
7. <https://www.google.com/amp/s/www.voaportugues.com/amp/estudantes-mocambicanos-denunciam/2852354.html>; 16 de fevereiro de 2021
8. <https://www.tuasaude.com/frequencia-cardiaca/>; 12 de maio de 2021
9. <https://cipmoz.org/wp-content/uploads/2021/02/Negligência-do-Governo-1.pdf>; 18 de maio de 2021
10. [https://www.bharathuniv.ac.in/colleges1/downloads/courseware\\_ece/notes/BEI605-%20Embedded-System.pdf](https://www.bharathuniv.ac.in/colleges1/downloads/courseware_ece/notes/BEI605-%20Embedded-System.pdf); 13 de dezembro de 2021

11. <https://www.elprocus.com/heartbeat-sensor-circuit-daigram-working-with-8051/>; 09 de janeiro de 2022
12. [https://www.masa.gov.mz/wp-content/uploads/2018/01/Constituicao\\_republica\\_mocambique.pdf](https://www.masa.gov.mz/wp-content/uploads/2018/01/Constituicao_republica_mocambique.pdf); 09 de janeiro de 2022
13. <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/science?q=Science>; 09 de janeiro de 2022
14. <https://blog.mettzer.com/pesquisa-quantitativa/amp>; 09 de janeiro de 2022
15. <file:///C:/Users/Facadmin/Downloads/Plano%20Estratgico%20do%20Sector%20da%20Sade%202014%20-%202019.pdf>; 16 de dezembro de 2021
16. [https://www.infopedia.pt/\\$termorregulacao](https://www.infopedia.pt/$termorregulacao); 11 de maio de 2021
17. [https://www.moasis.org.mz/wp-content/uploads/2015/08/Publication\\_Relatorio-analise-completa-SIS-ROH-2009-2013\\_Final.pdf](https://www.moasis.org.mz/wp-content/uploads/2015/08/Publication_Relatorio-analise-completa-SIS-ROH-2009-2013_Final.pdf); 08 de janeiro de 2022
18. <http://www.ine.gov.mz>; 09 de janeiro de 2022
19. [https://www.gta.ufrj.br/grad/02\\_2/Redes%20de%20sensores/Redes%20de%20Sensores%20Sem-fio.htm](https://www.gta.ufrj.br/grad/02_2/Redes%20de%20sensores/Redes%20de%20Sensores%20Sem-fio.htm). 16 de dezembro de 2021
20. [https://www.broadbandcommission.org/wp-content/uploads/dlm\\_uploads/2021/12/State\\_of\\_Broadband\\_2021-E-comp.pdf](https://www.broadbandcommission.org/wp-content/uploads/dlm_uploads/2021/12/State_of_Broadband_2021-E-comp.pdf); 14 de abril de 2022
21. [https://www.iese.ac.mz/~ieseacmz/lib/publication/IESE\\_DinBem.pdf](https://www.iese.ac.mz/~ieseacmz/lib/publication/IESE_DinBem.pdf). 18 de abril de 2022
22. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1853-35232020000600147&lng=es&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-35232020000600147&lng=es&nrm=iso&tlng=pt); 18 de abril de 2022
23. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2015.03.008>; 18 de abril de 2022
24. [http://researchspace.csir.co.za/dspace/bitstream/handle/10204/5072/Coetzee1\\_2011.pdf?sequence=1](http://researchspace.csir.co.za/dspace/bitstream/handle/10204/5072/Coetzee1_2011.pdf?sequence=1); 18 de abril de 2022
25. [https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Technology%20Media%20and%20Telecommunications/High%20Tech/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking\\_the\\_potential\\_of\\_the\\_Internet\\_of\\_Things\\_Executive\\_summary.pdf](https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Technology%20Media%20and%20Telecommunications/High%20Tech/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking_the_potential_of_the_Internet_of_Things_Executive_summary.pdf); 18 de abril de 2022

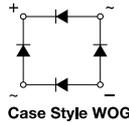
26. [https://www.gartner.com/imagesrv/books/iot/iotEbook\\_digital.pdf](https://www.gartner.com/imagesrv/books/iot/iotEbook_digital.pdf); 18 de abril de 2022
27. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8355891>; 19 de abril de 2022
28. <https://www.ufmg.br/boletim/bol1551/segunda.shtml>; 19 de abril de 2022
29. <https://ukdiss.com/examples/wireless-black-box-mems-accelerometer.php>; 19 de abril de 2022
30. <https://rtsrio.com.br/noticias/principais-parametros-de-monitores/>; 19 de abril de 2022
31. <https://drauziovarella.uol.com.br/doencas-e-sintomas/febre/>; 19 de abril de 2022
32. <https://www.novalgina.com.br/dor-e-febre/qualquer-aumento-da-temperatura-do-corpo-e-caracterizado-como-febre/>; 19 de abril de 2022
33. <https://www.aboutkidshealth.ca/Article?contentid=30&language=Portuguese>; 19 de abril de 2022
34. <https://www.ecgnow.com.br/blog/criancas-e-eletrocardiograma-quando-indicar-e-como-ler-um-ecg-pediatrico/>; 21 de abril de 2022
35. <https://www.rededorsaoluiz.com.br/doencas/taquicardia>; 21 de abril de 2022
36. <https://telemedicinamorsch.com.br/blog/bradicardia-e-taquicardia>; 22 de abril de 2022
37. <https://www.rigacci.org/docs/biblio/online/voltreg/voltage-fixed/regulators.htm>; 25 de abril de 2022
38. [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf); 10 de maio de 2022
39. <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf>; 10 de maio de 2022
40. <https://www.vishay.com/docs/37217/016m002b.pdf>; 10 de maio de 2022
41. <https://www.printedcircuits.com/printed-circuits-materials/>; 20 de agosto de 2021
42. <https://www.blog.oxitone.com/2020/10/29/remote-patient-monitoring/>; 18 de maio de 2022

## 7.4 ANEXOS

### Anexo 1



### Glass Passivated Single-Phase Bridge Rectifier



#### FEATURES

- UL recognition, file number E54214
- Ideal for printed circuit boards
- Typical  $I_R$  less than 0.5  $\mu$ A
- High case dielectric strength
- High surge current capability
- Solder dip 260 °C, 40 s
- Material categorization: For definitions of compliance please see [www.vishay.com/doc?99912](http://www.vishay.com/doc?99912)



RoHS  
COMPLIANT

PRIMARY CHARACTERISTICS	
Package	WOG
$I_{F(AV)}$	2.0 A
$V_{RRM}$	50 V, 100 V, 200 V, 400 V, 600 V, 800 V, 1000 V
$I_{FSM}$	60 A
$I_R$	5 $\mu$ A
$V_F$ at $I_F = 2.0$ A	1.1 V
$T_J$ max.	150 °C
Diode variations	Quad

#### TYPICAL APPLICATIONS

General purpose use in AC/DC bridge full wave rectification for power supply, adapter, charger, lighting ballaster on consumers, and home appliances applications.

#### MECHANICAL DATA

Case: WOG

Molding compound meets UL 94 V-0 flammability rating Base P/N-E4 - RoHS-compliant, commercial grade

**Terminals:** Silver plated leads, solderable per J-STD-002 and JESD22-B102

**Polarity:** As marked on body

MAXIMUM RATINGS ( $T_A = 25$ °C unless otherwise noted)									
PARAMETER	SYMBOL	2W005G	2W01G	2W02G	2W04G	2W06G	2W08G	2W10G	UNIT
Maximum repetitive peak reverse voltage	$V_{RRM}$	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum RMS voltage	$V_{RMS}$	35	70	140	280	420	560	700	V
Maximum DC blocking voltage	$V_{DC}$	50	100	200	400	600	800	1000	V
Maximum average forward rectified current at 0.375" (9.5 mm) lead length at (fig. 1)	$I_{F(AV)}$	2.0							A
Peak forward surge current single half sine-wave superimposed on rated load	$I_{FSM}$	60							A
Rating for fusing ( $t < 8.3$ ms)	$I^2t$	15							A <sup>2</sup> s
Operating junction and storage temperature range	$T_J, T_{STG}$	- 55 to + 150							°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_A = 25$ °C unless otherwise noted)										
PARAMETER	TEST CONDITIONS	SYMBOL	2W005G	2W01G	2W02G	2W04G	2W06G	2W08G	2W10G	UNIT
Maximum instantaneous forward voltage drop per diode	$I_F = 2.0$ A	$V_F$	1.1						V	
Maximum DC reverse current at rated DC blocking voltage per diode	$T_A = 25$ °C	$I_R$	5.0						$\mu$ A	
	$T_A = 125$ °C		500							
Typical junction capacitance per diode	4.0 V, 1 MHz	$C_J$	40			20			pF	

Revision: 08-Jul-13

1

Document Number: 88528

For technical questions within your region: [DiodesAmericas@vishay.com](mailto:DiodesAmericas@vishay.com), [DiodesAsia@vishay.com](mailto:DiodesAsia@vishay.com), [DiodesEurope@vishay.com](mailto:DiodesEurope@vishay.com)  
THIS DOCUMENT IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE. THE PRODUCTS DESCRIBED HEREIN AND THIS DOCUMENT ARE SUBJECT TO SPECIFIC DISCLAIMERS, SET FORTH AT [www.vishay.com/doc?91000](http://www.vishay.com/doc?91000)



# KA78XX/KA78XXA

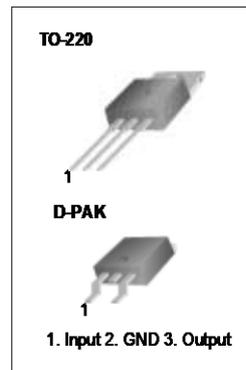
## 3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

### Features

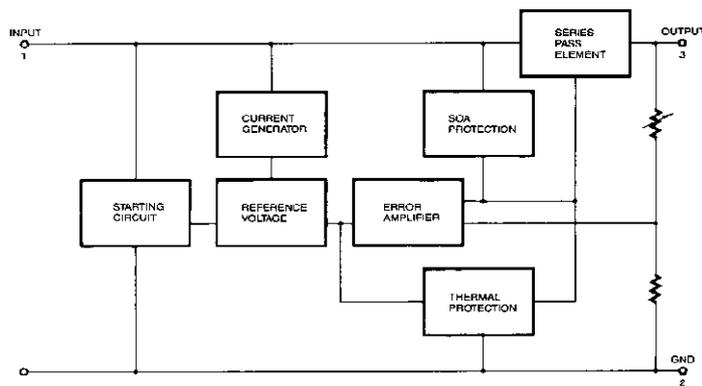
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

### Description

The KA78XX/KA78XXA series of three-terminal positive regulator are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



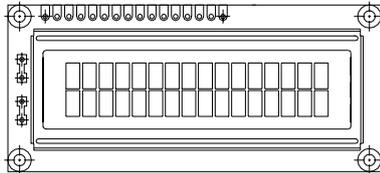
### Internal Block Diagram



Rev. 1.0.0



16 x 2 Character LCD



**FEATURES**

- 5 x 8 dots with cursor
- Built-in controller (KS 0066 or Equivalent)
- + 5V power supply (Also available for + 3V)
- 1/16 duty cycle
- B/L to be driven by pin 1, pin 2 or pin 15, pin 16 or A.K (LED)
- N.V. optional for + 3V power supply

MECHANICAL DATA		
ITEM	STANDARD VALUE	UNIT
Module Dimension	80.0 x 36.0	mm
Viewing Area	66.0 x 16.0	mm
Dot Size	0.56 x 0.66	mm
Character Size	2.96 x 5.56	mm

ABSOLUTE MAXIMUM RATING					
ITEM	SYMBOL	STANDARD VALUE			UNIT
		MIN.	TYP.	MAX.	
Power Supply	VDD-VSS	- 0.3	-	7.0	V
Input Voltage	VI	- 0.3	-	VDD	V

NOTE: VSS = 0 Volt, VDD = 5.0 Volt

ELECTRICAL SPECIFICATIONS							
ITEM	SYMBOL	CONDITION	STANDARD VALUE			UNIT	
			MIN.	TYP.	MAX.		
Input Voltage	VDD	VDD = + 5V	4.7	5.0	5.3	V	
		VDD = + 3V	2.7	3.0	5.3	V	
Supply Current	IDD	VDD = 5V	-	1.2	3.0	mA	
Recommended LC Driving Voltage for Normal Temp. Version Module	VDD - V0	- 20 °C	-	-	-	V	
		0°C	4.2	4.8	5.1		
		25°C	3.8	4.2	4.6		
		50°C	3.6	4.0	4.4		
		70°C	-	-	-		
LED Forward Voltage	VF	25°C	-	4.2	4.6	V	
LED Forward Current	IF	25°C	Array	-	130	260	mA
			Edge	-	20	40	
EL Power Supply Current	IEL	Vel = 110VAC:400Hz	-	-	5.0	mA	

DISPLAY CHARACTER ADDRESS CODE:																
Display Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DD RAM Address	00	01														0F
DD RAM Address	40	41														4F

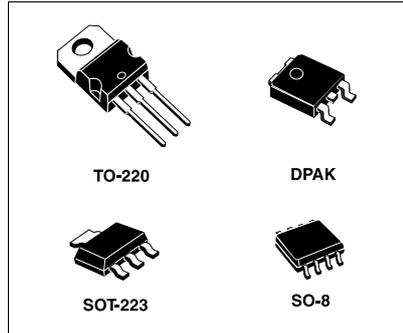


**LD1117xx**

**Adjustable and fixed low drop positive voltage regulator**

**Features**

- Low dropout voltage (1 V typ.)
- 2.85 V device performances are suitable for SCSI-2 active termination
- Output current up to 800 mA
- Fixed output voltage of: 1.2 V, 1.8 V, 2.5 V, 3.3 V, 5.0 V
- Adjustable version availability ( $V_{REF} = 1.25\text{ V}$ )
- Internal current and thermal limit
- Available in  $\pm 1\%$  (at 25 °C) and 2 % in full temperature range
- Supply voltage rejection: 75 dB (typ.)



25 °C. The adjustable LD1117 is pin to pin compatible with the other standard. Adjustable voltage regulators maintaining the better performances in terms of drop and tolerance.

**Description**

The LD1117 is a low drop voltage regulator able to provide up to 800 mA of output current, available even in adjustable version ( $V_{REF} = 1.25\text{ V}$ ). Concerning fixed versions, are offered the following output voltages: 1.2 V, 1.8 V, 2.5 V, 2.85 V, 3.3 V and 5.0 V. The 2.85 V type is ideal for SCSI-2 lines active termination. The device is supplied in: SOT-223, DPAK, SO-8 and TO-220. The SOT-223 and DPAK surface mount packages optimize the thermal characteristics even offering a relevant space saving effect. High efficiency is assured by NPN pass transistor. In fact in this case, unlike than PNP one, the quiescent current flows mostly into the load. Only a very common 10  $\mu\text{F}$  minimum capacitor is needed for stability. On chip trimming allows the regulator to reach a very tight output voltage tolerance, within  $\pm 1\%$  at

**Table 1. Device summary**

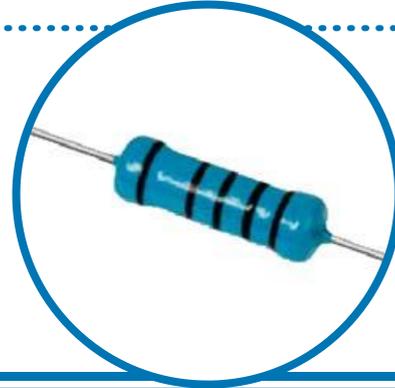
Part numbers		
LD1117XX12	LD1117XX25	LD1117XX50
LD1117XX12C	LD1117XX25C	LD1117XX50C
LD1117XX18	LD1117XX33	LD1117XX
LD1117XX18C	LD1117XX33C	LD1117XXC

# Commercial Grade Metal Film Resistor



CMF Series

- Metal film resistor
- Conformal coating
- Power ratings from 1/8W to 3W
- Resistance range from 10Ω to 1MΩ



## Electrical Data

IRC Type	Power Rating at 70°C (W)	Resistance Range (Ohms)	Tolerance (±%)	TCR (±ppm/°C)	Max. Working Voltage (V)	Max. Overload Voltage (V)	Dielectric Withstanding Voltage (V)
<b>Standard Size</b>							
CMF-1/8	0.125	10 - 1M	1	100	200	400	400
CMF-1/4	0.25				250	500	500
CMF-1/2	0.5				350	700	700
CMF-1	1				500	1000	1000
CMF-2	2				500	1000	1000
CMF-3	3				500	1000	1000

## Environmental Data

<b>Short-time overload</b>	$\Delta R/R \leq (\pm 0.5\% + 0.05\Omega)$ , with no evidence of mechanical damage.
<b>Dielectric withstanding voltage</b>	No evidence of flashover, mechanical damage, arcing or insulation breakdown.
<b>Terminal strength</b>	No evidence of mechanical damage.
<b>Resistance to Soldering heat</b>	$\Delta R/R \leq (\pm 1\% + 0.05\Omega)$ , with no evidence of mechanical damage.
<b>Pulse Overload</b>	$\Delta R/R \leq (\pm 1\% + 0.05\Omega)$ , with no evidence of mechanical damage.
<b>Solderability</b>	Minimum 95% coverage.
<b>Resistance to solvent</b>	No deterioration of protective coating and markings.
<b>Temperature cycling</b>	$\Delta R/R \leq (\pm 1\% + 0.05\Omega)$ , with no evidence of mechanical damage.
<b>Load life in humidity</b>	Standard type: $\Delta R/R \pm 3\%$ for $<100K\Omega$ , $\pm 5\%$ for $\geq 100K\Omega$ ;
<b>Load life</b>	Standard type: $\Delta R/R \pm 1.5\%$ Flame retardant type: $R/R \pm 5\%$

### General Note

TT electronics reserves the right to make changes in product specification without notice or liability. All information is subject to TT electronics' own data and is considered accurate at time of going to print.



[www.bitechnologies.com](http://www.bitechnologies.com) [www.jrcct.com](http://www.jrcct.com) [www.welwyn-tt.com](http://www.welwyn-tt.com)

© TT electronics plc

09.11

## LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

### 1 Features

- Calibrated Directly in Celsius (Centigrade)
- Linear + 10-mV/°C Scale Factor
- 0.5°C Ensured Accuracy (at 25°C)
- Rated for Full –55°C to 150°C Range
- Suitable for Remote Applications
- Low-Cost Due to Wafer-Level Trimming
- Operates from 4 V to 30 V
- Less than 60-µA Current Drain
- Low Self-Heating, 0.08°C in Still Air
- Non-Linearity Only ±¼°C Typical
- Low-Impedance Output, 0.1 Ω for 1-mA Load

### 2 Applications

- Power Supplies
- Battery Management
- HVAC
- Appliances

### 3 Description

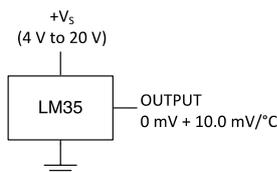
The LM35 series are precision integrated-circuit temperature devices with an output voltage linearly-proportional to the Centigrade temperature. The LM35 device has an advantage over linear temperature sensors calibrated in Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from the output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 device does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of ±¼°C at room temperature and ±¾°C over a full –55°C to 150°C temperature range. Lower cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The low-output impedance, linear output, and precise inherent calibration of the LM35 device makes interfacing to readout or control circuitry especially easy. The device is used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As the LM35 device draws only 60 µA from the supply, it has very low self-heating of less than 0.1°C in still air. The LM35 device is rated to operate over a –55°C to 150°C temperature range, while the LM35C device is rated for a –40°C to 110°C range (–10° with improved accuracy). The LM35-series devices are available packaged in hermetic TO transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D devices are available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D device is available in an 8-lead surface-mount small-outline package and a plastic TO-220 package.

#### Device Information<sup>(1)</sup>

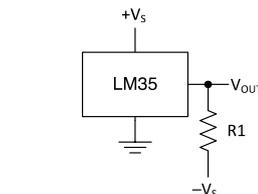
PART NUMBER	PACKAGE	BODY SIZE (NOM)
LM35	TO-CAN (3)	4.699 mm × 4.699 mm
	TO-92 (3)	4.30 mm × 4.30 mm
	SOIC (8)	4.90 mm × 3.91 mm
	TO-220 (3)	14.986 mm × 10.16 mm

(1) For all available packages, see the orderable addendum at the end of the datasheet.

#### Basic Centigrade Temperature Sensor (2°C to 150°C)



#### Full-Range Centigrade Temperature Sensor



Choose  $R_1 = -V_S / 50 \mu\text{A}$   
 $V_{OUT} = 1500 \text{ mV at } 150^\circ\text{C}$   
 $V_{OUT} = 250 \text{ mV at } 25^\circ\text{C}$   
 $V_{OUT} = -550 \text{ mV at } -55^\circ\text{C}$


 An IMPORTANT NOTICE at the end of this data sheet addresses availability, warranty, changes, use in safety-critical applications, intellectual property matters and other important disclaimers. PRODUCTION DATA.

## Anexo 7

### ESPRESSIF SMART CONNECTIVITY PLATFORM: ESP8266

#### Disclaimer and Copyright Notice

Information in this document, including URL references, is subject to change without notice.

THIS DOCUMENT IS PROVIDED "AS IS" WITH NO WARRANTIES WHATSOEVER, INCLUDING ANY WARRANTY OF MERCHANTABILITY, NONINFRINGEMENT, FITNESS FOR ANY PARTICULAR PURPOSE, OR ANY WARRANTY OTHERWISE ARISING OUT OF ANY PROPOSAL, SPECIFICATION OR SAMPLE. All liability, including

liability for infringement of any proprietary rights, relating to use of information in this document is disclaimed. No licenses express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property rights are granted herein.

The Wi-Fi Alliance Member Logo is a trademark of the Wi-Fi Alliance.

All trade names, trademarks and registered trademarks mentioned in this document are property of their respective owners, and are hereby acknowledged.

Copyright © 2013 Espressif Systems Inc. All rights reserved.

# Table of Contents

---

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>TECHNOLOGY OVERVIEW</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>FEATURES</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>APPLICATION DIAGRAM</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>ULTRA LOW POWER TECHNOLOGY</b>	<b>8</b>
5.1	HIGHEST LEVEL OF INTEGRATION	8
<b>6</b>	<b>ESP8266 APPLICATIONS</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>SPECIFICATIONS</b>	<b>10</b>
7.1	CURRENT CONSUMPTION	10
7.2	RF PERFORMANCE	11
<b>8</b>	<b>CPU, MEMORY AND INTERFACES</b>	<b>12</b>
8.1	CPU	12
8.2	MEMORY CONTROLLER	12
8.3	AHB AND AHB BLOCKS	12
8.4	INTERFACES	13
8.4.1	<i>Master SI / SPI Control (Optional)</i>	13
8.4.2	<i>General Purpose IO</i>	14
8.4.3	<i>Digital IO Pads</i>	14
<b>9</b>	<b>FIRMWARE &amp; SOFTWARE DEVELOPMENT KIT</b>	<b>16</b>
9.1	FEATURES	16
<b>10</b>	<b>POWER MANAGEMENT</b>	<b>18</b>
<b>11</b>	<b>CLOCK MANAGEMENT</b>	<b>19</b>
11.1	HIGH FREQUENCY CLOCK	19
11.2	EXTERNAL REFERENCE REQUIREMENTS	20
<b>12</b>	<b>RADIO</b>	<b>21</b>
12.1	CHANNEL FREQUENCIES	21
12.2	2.4GHZ RECEIVER	21
12.3	2.4GHZ TRANSMITTER	22
12.4	CLOCK GENERATOR	22
<b>APP.</b>	<b>QFN32 PACKAGE DRAWING</b>	<b>23</b>

# 1 Introduction

Espressif Systems' Smart Connectivity Platform (ESCP) of high performance wireless SOCs, for mobile platform designers, provides unsurpassed ability to embed Wi-Fi capabilities within other systems, at the lowest cost with the greatest functionality.

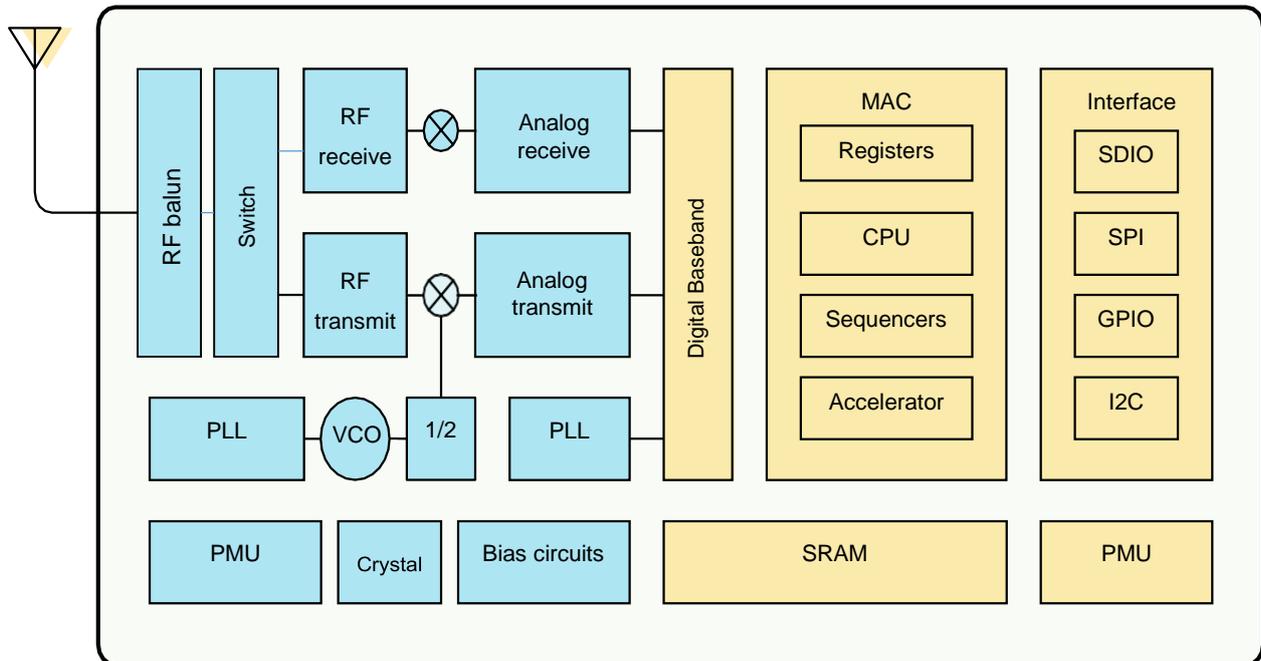


Figure 1: ESP8266 Block Diagram

## 2 Technology Overview

ESP8266 offers a complete and self-contained Wi-Fi networking solution, allowing it to either host the application or to offload all Wi-Fi networking functions from another application processor.

When ESP8266 hosts the application, and when it is the only application processor in the device, it is able to boot up directly from an external flash. It has integrated cache to improve the performance of the system in such applications, and to minimize the memory requirements.

Alternately, serving as a Wi-Fi adapter, wireless internet access can be added to any microcontroller-based design with simple connectivity through UART interface or the CPU AHB bridge interface.

ESP8266 on-board processing and storage capabilities allow it to be integrated with the sensors and other application specific devices through its GPIOs with minimal

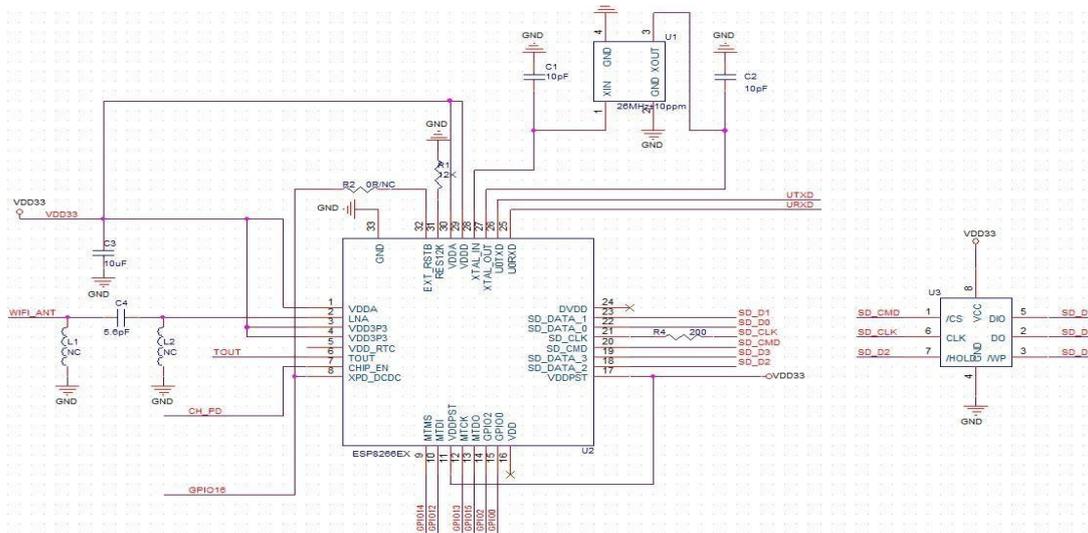
development up-front and minimal loading during runtime. With its high degree of on-chip integration, which includes the antenna switch balun, power management converters, it requires minimal external circuitry, and the entire solution, including front-end module, is designed to occupy minimal PCB area.

Sophisticated system-level features include fast sleep/wake context switching for energy-efficient VoIP, adaptive radio biasing for low-power operation, advance signal processing, and spur cancellation and radio co-existence features for common cellular, Bluetooth, DDR, LVDS, LCD interference mitigation.

### **3 Features**

- 802.11 b/g/n protocol
- Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP
- Integrated TCP/IP protocol stack
- Integrated TR switch, balun, LNA, power amplifier and matching network
- Integrated PLL, regulators, and power management units
- +19.5 dBm output power in 802.11b mode
- Integrated temperature sensor
- Supports antenna diversity
- Power down leakage current of  $< 10 \mu A$
- Integrated low power 32-bit CPU could be used as application processor
- SDIO 2.0, SPI, UART
- STBC, 1×1 MIMO, 2×1 MIMO
- A-MPDU & A-MSDU aggregation &  $0.4 \mu s$  guard interval
- Wake up and transmit packets in  $< 2 ms$
- Standby power consumption of  $< 1.0 mW$  (DTIM3)

## 4 Application Diagram



## 5 Ultra Low Power Technology

ESP8266 has been designed for mobile, wearable electronics and Internet of Things applications with the aim of achieving the lowest power consumption with a combination of several proprietary techniques. The power saving architecture operates in 3 modes: active mode, sleep mode and deep sleep mode.

By using advance power management techniques and logic to power-down functions not required and to control switching between sleep and active modes, ESP8266 consumes less than  $12 \mu A$  in sleep mode and less than  $1.0 mW$  (DTIM=3) or less than  $0.5 mW$  (DTIM=10) to stay connected to the access point.

When in sleep mode, only the calibrated real-time clock and watchdog remains active. The real-time clock can be programmed to wake up the ESP8266 at any required interval.

The ESP8266 can be programmed to wake up when a specified condition is detected. This minimal wake-up time feature of the ESP8266 can be utilized by mobile device SOCs, allowing them to remain in the low-power standby mode until Wi-Fi is needed. In order to satisfy the power demand of mobile and wearable electronics, ESP8266 can be programmed to reduce the output power of the PA to fit various application profiles, by trading off range for power consumption.

A7-5

## 5.1 Highest Level of Integration

By integrating the costliest components such as power management unit, TR switch, RF balun, high power PA capable of delivering +25 dBm (peak), ESP8266 ensures that the BOM cost is the lowest possible, and ease of integration into any system.

With ESP8266, the only external BOM are resistors, capacitors, and crystal.

## 6 ESP8266 Applications

- Smart power plugs
- Home automation
- Mesh network
- Industrial wireless control
- Baby monitors
- IP Cameras
- Sensor networks
- Wearable electronics
- Wi-Fi location-aware devices
- Security ID tags
- Wi-Fi position system beacons

## 7 Specifications

### 7.1 Current Consumption

The following current consumption is based on 3.3 V supply, and 25°C ambient, using internal regulators. Measurements are done at antenna port without SAW filter. All the transmitter's measurements are based on 90% duty cycle, continuous transmit mode.

A7-6

Mode	Min	Typ	Max	Unit
Transmit 802.11b, CCK 1Mbps, P <sub>OUT</sub> =+19.5dBm		215		mA
Transmit 802.11b, CCK 11Mbps, P <sub>OUT</sub> =+18.5dBm		197		mA
Transmit 802.11g, OFDM 54Mbps, P <sub>OUT</sub> =+16dBm		145		mA
Transmit 802.11n, MCS7, P <sub>OUT</sub> =+14dBm		135		mA
Receive 802.11b, packet length=1024 byte, -80dBm		60		mA
Receive 802.11g, packet length=1024 byte, -70dBm		60		mA
Receive 802.11n, packet length=1024 byte, -65dBm		62		mA
Standby		0.9		mA
Deep sleep		10		uA
Power save mode DTIM 1		1.2		mA
Power save mode DTIM 3		0.86		mA
Total shutdown		0.5		uA

## 7.2 RF Performance

The following are measured under room temperature conditions with 3.3 V and 1.1 V power supplies.

Description	Min	Typical	Max	Unit
Input frequency	2412		2484	MHz
Input impedance		50		Ω
Input reflection			-10	dB
Output power of PA for 72.2Mbps	14	15	16	dBm
Output power of PA for 11b mode	17.5	18.5	19.5	dBm
Sensitivity				
CCK, 1Mbps		-98		dBm
CCK, 11Mbps		-91		dBm
6Mbps (1/2 BPSK)		-93		dBm
54Mbps (3/4 64-QAM)		-75		dBm
HT20, MCS7 (65Mbps, 72.2Mbps)		-71		dBm
<b>Adjacent Channel Rejection</b>				
OFDM, 6Mbps		37		dB
OFDM, 54Mbps		21		dB

HT20, MCS0		37		dB
HT20, MCS7		20		dB

## 8 CPU, Memory and Interfaces

### 8.1 CPU

This chip embeds an ultra low power Micro 32-bit CPU, with 16-bit thumb mode.

This CPU can be interfaced using:

- code RAM/ROM interface (iBus) that goes to the memory controller, that can also be used to access external flash memory,
- data RAM interface (dBus), that also goes to the memory controller
- AHB interface, for register access, and
- JTAG interface for debugging

### 8.2 Memory Controller

The memory controller contains ROM, and SRAM. It is accessed by the CPU using the iBus, dBus and AHB interface. Any of these interfaces can request access to the ROM or RAM modules, and the memory controller arbiters serve these 3 interfaces on a first-come-first-serve basis.

### 8.3 AHB and AHB Blocks

The AHB blocks performs the function of an arbiter, controls the AHB interfaces from the MAC, SDIO (host) and CPU. Depending on the address, the AHB data requests can go into one of the two slaves:

- APB block, or
- flash controller (usually for standalone applications).

Data requests to the memory controller are usually high speed requests, and requests to the APB block are usually register access.

The APB block acts as a decoder. It is meant only for access to programmable registers within ESP8266's main blocks. Depending on the address, the APB request can go to the radio, SI/SPI, SDIO (host), GPIO, UART, real-time clock

(RTC), MAC or digital baseband.

## **8.4 Interfaces**

The ESP8266 contains several analog and digital interfaces described in the following sections.

### **8.4.1 Master SI / SPI Control (Optional)**

The master serial interface (SI) can operate in two, three or four-wire bus configurations to control the EEPROM or other I2C/SPI devices. Multiple I2C devices with different device addresses are supported by sharing the 2-wire bus.

Multiple SPI devices are supported by sharing the clock and data signals, using separate software controlled GPIO pins as chip selects.

The SPI can be used for controlling external devices such as serial flash memories, audio CODECs, or other slave devices. It is set up as a standard master SPI device with 3 different enable pins:

- SPI\_EN0,
- SPI\_EN1,
- SPI\_EN2.

Both SPI master and SPI slave are supported with the latter being used as a host interface.

SPI\_EN0 is used as an enable signal to an external serial flash memory for downloading patch code and/or MIB-data to the baseband in an embedded application. In a host based application, patch code and MIB-data can alternatively be downloaded via the host interface. This pin is active low and should be left open if not used.

SPI\_EN1 is usually used for a user application, e.g. to control an external audio codec or sensor ADC, in an embedded application. This pin is active low and should be left open if not used.

SPI\_EN2 usually controls an EEPROM to store individual data, such as MIB information, MAC address, and calibration data, or for general use. This pin is active low and should be left open if not used.

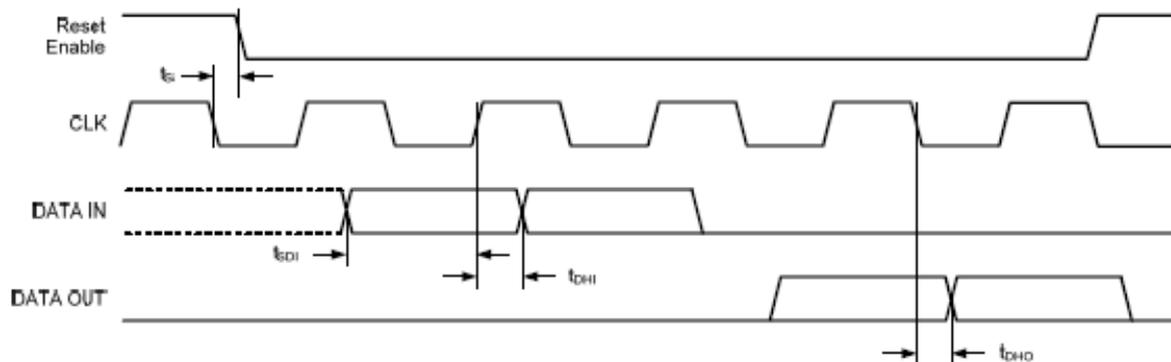


Figure 2: SPI timing characteristics

### 8.4.2 General Purpose IO

There are up to 16 GPIO pins. They can be assigned to various functions by the firmware. Each GPIO can be configured with internal pull-up/down, input available for sampling by a software register, input triggering an edge or level CPU interrupt, input triggering a level wakeup interrupt, open-drain or push-pull output driver, or output source from a software register, or a sigma-delta PWM DAC.

These pins are multiplexed with other functions such as host interface, UART, SI, Bluetooth coexistence, etc.

### 8.4.3 Digital IO Pads

The digital IO pads are bidirectional, non-inverting and tri-state. It includes input and an output buffer with tristate control inputs. Besides this, for low power operations, the IO can also be set to hold. For instance, when we power down the chip, all output enable signals can be set to hold low.

Optional hold functionality can be built into the IO if requested. When the IO is not driven by the internal or external circuitry, the hold functionality can be used to hold

the state to the last used state.

The hold functionality introduces some positive feedback into the pad. Hence, the external driver that drives the pad must be stronger than the positive feedback. The required drive strength is however small – in the range of 5  $\mu$ A.

Parameter	Symbol	Min	Max	Unit
Input low voltage	$V_{IL}$	-0.3	$0.25 \times V_{IO}$	V
Input high voltage	$V_{IH}$	$0.75 \times V_{IO}$	3.6	V
Input leakage current	$I_{IL}$		50	nA
Output low voltage	$V_{OL}$		$0.1 \times V_{IO}$	V
Output high voltage	$V_{OH}$	$0.8 \times V_{IO}$		V
Input pin capacitance	$C_{pad}$		2	pF
VDDIO	$V_{IO}$	1.7	3.6	V
Maximum drive capability	$I_{MAX}$		12	mA
Temperature	$T_{amb}$	-20	100	°C

All digital IO pins are protected from over-voltage with a snap-back circuit connected between the pad and ground. The snap back voltage is typically about 6 V, and the holding voltage is 5.8 V.

This provides protection from over-voltages and ESD. The output devices are also protected from reversed voltages with diodes.

## 9 Firmware & Software Development Kit

The application and firmware is executed in on-chip ROM and SRAM, which loads the instructions during wake-up, through the SDIO interface, from the external flash.

The firmware implements TCP/IP, the full 802.11 b/g/n/e/i WLAN MAC protocol and Wi-Fi Direct specification. It supports not only basic service set (BSS) operations under the distributed control function (DCF) but also P2P group operation compliant with the latest Wi-Fi P2P protocol. Low level protocol functions are handled automatically by ESP8266:

- RTS / CTS,
- acknowledgement,
- fragmentation and defragmentation,
- aggregation,
- frame encapsulation (802.11h/RFC 1042),

- automatic beacon monitoring / scanning, and
- P2P Wi-Fi direct,

Passive or active scanning, as well as P2P discovery procedure is performed autonomously once initiated by the appropriate command. Power management is handled with minimum host interaction to minimize active duty period.

## 9.1 Features

The SDK includes the following library functions:

- 802.11 b/g/n/d/e/i/k/r support;
- Wi-Fi Direct (P2P) support:
  - P2P Discovery, P2P Group Owner mode, P2P Power Management
  - Infrastructure BSS Station mode / P2P mode / softAP modesupport;
- Hardware accelerators for CCMP (CBC-MAC, counter mode), TKIP (MIC, RC4), WAPI (SMS4), WEP (RC4), CRC;
- WPA / WPA2 PSK, and WPS driver;
- Additional 802.11i security features such as pre-authentication, and TSN;
- Open Interface for various upper layer authentication schemes over EAP such as TLS, PEAP, LEAP, SIM, AKA, or customer specific;
- 802.11n support (2.4GHz / 5GHz);
- Supports MIMO 1×1 and 2×1, STBC, A-MPDU and A-MSDU aggregation and 0.4  $\mu$ s guard interval;
- WMM power save U-APSD;
- Multiple queue management to fully utilize traffic prioritization defined by 802.11e standard;
- UMA compliant and certified;
- 802.1h/RFC1042 frame encapsulation;
- Scattered DMA for optimal CPU off load on Zero Copy data transfer operations;
- Antenna diversity and selection (software managed hardware);
- Clock/power gating combined with 802.11-compliant power management dynamically adapted to current connection condition

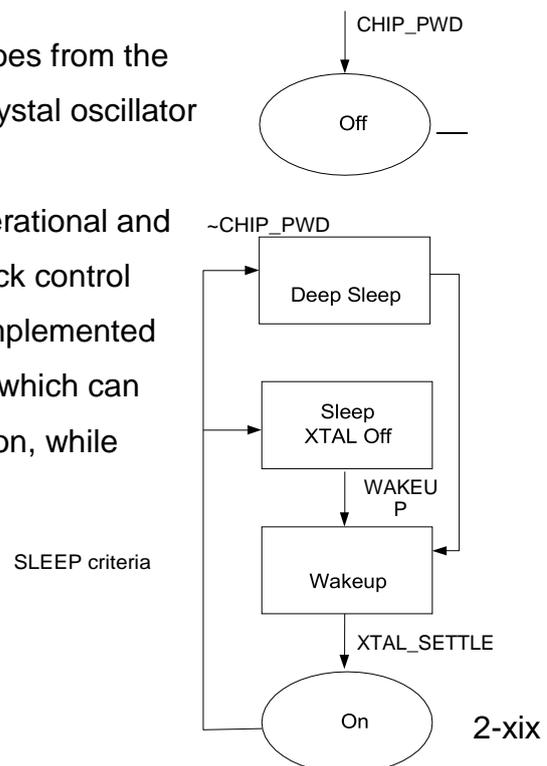
- providing minimal power consumption;
- Adaptive rate fallback algorithm sets the optimum transmission rate and Tx power based on actual SNR and packet loss information;
- Automatic retransmission and response on MAC to avoid packet discarding on slow host environment;
- Seamless roaming support;
- Configurable packet traffic arbitration (PTA) with dedicated slave processor based design provides flexible and exact timing Bluetooth co-existence support for a wide range of Bluetooth Chipvendors;
- Dual and single antenna Bluetooth co-existence support with optional simultaneous receive (Wi-Fi / Bluetooth) capability.

## 10 Power Management

The chip can be put into the following states:

**OFF:** CHIP\_PD pin is low. The RTC is disabled. All registers are cleared.

- **DEEP\_SLEEP:** Only RTC is powered on – the rest of the chip is powered off. Recovery memory of RTC can keep basic Wi-Fi connecting information.
- **SLEEP:** Only the RTC is operating. The crystal oscillator is disabled. Any wakeup events (MAC, host, RTC timer, external interrupts) will put the chip into the WAKEUP state.
- **WAKEUP:** In this state, the system goes from the sleep states to the PWR state. The crystal oscillator and PLLs are enabled.
- **ON state:** the high speed clock is operational and sent to each block enabled by the clock control register. Lower level clock gating is implemented at the block level, including the CPU, which can be gated off using the WAITI instruction, while the system is on.



## 11 Clock Management

### 11.1 High Frequency Clock

The high frequency clock on ESP8266 is used to drive both the Tx and Rx mixers. This clock is generated from the internal crystal oscillator and an external crystal. The crystal frequency can range from 26MHz to 52MHz.

While internal calibration of the crystal oscillator ensures that a wide range of crystals can be used, in general, the quality of the crystal is still a factor to consider, to obtain reasonable phase noise. When the crystal selected is sub-optimal due to large frequency drifts or poor Q-factor, the maximum throughput and sensitivity of the Wi-Fi system is degraded. Please refer to the application notes on how the frequency offset can be measured.

Parameter	Symbol	Min	Max	Unit
Frequency	$F_{XO}$	26	52	MHz
Loading capacitance	$C_L$		32	pF
Motional capacitance	$C_M$	2	5	pF
Series resistance	$R_S$	0	65	$\Omega$
Frequency tolerance	$\Delta F_{XO}$	-15	15	ppm
Frequency vs temperature (-25°C ~ 75°C)	$\Delta F_{XO,Temp}$	-15	15	ppm

### 11.1 External Reference Requirements

For an externally generated clock, the frequency can range from 26MHz to 52MHz can be used. For good performance of the radio, the following characteristics are expected of the clock:

Parameter	Symbol	Min	Max	Unit
Clock amplitude	$V_{XO}$	0.2	1	V <sub>pp</sub>
External clock accuracy	$\Delta F_{XO,EXT}$	-15	15	ppm
Phase noise @1kHz offset, 40MHz clock			-120	dBc/Hz
Phase noise @10kHz offset, 40MHz clock			-130	dBc/Hz
Phase noise @100kHz offset, 40MHz clock			-138	dBc/Hz

## 12 Radio

The ESP8266 radio consists of the following main blocks:

- 2.4GHz receiver

- 2.4GHz transmitter
- High speed clock generators and crystal oscillator
- Real time clock
- Bias and regulators
- Power management

## 12.1 Channel Frequencies

The RF transceiver supports the following channels according to the IEEE802.11bgn standards.

Channel No	Frequency (MHz)	Channel No	Frequency (MHz)
1	2412	8	2447
2	2417	9	2452
3	2422	10	2457
4	2427	11	2462
5	2432	12	2467
6	2437	13	2472
7	2442	14	2484

## 12.2 2.4 GHz Receiver

The 2.4 GHz receiver downconverts the RF signal to quadrature baseband signals and converts them to the digital domain with 2 high resolution high speed ADCs. To adapt to varying signal channel conditions, RF filters, automatic gain control, DC offset cancelation circuits and baseband filters are integrated within the radio.

## 12.3 2.4 GHz Transmitter

The 2.4GHz transmitter upconverts the quadrature baseband signals to 2.4GHz, and drives the antenna with a high powered CMOS power amplifier. The use of digital calibration further improves the linearity of the power amplifier, enabling a state of art performance of delivering +19 dBm average power for 802.11b transmission and +16 dBm for 802.11n transmission.

Additional calibrations are integrated to cancel any imperfections of the radio, such as:

- Carrier leakage,
- I/Q phase matching, and
- Baseband nonlinearities

This reduces the amount of time required and test equipment required for production testing.

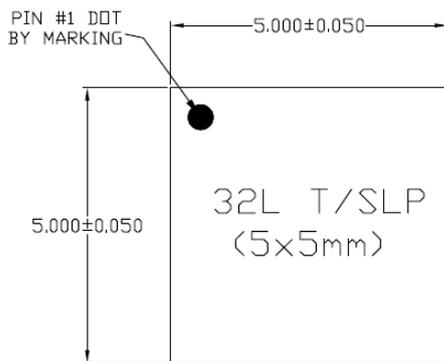
## 12.4 Clock Generator

The clock generator generates quadrature 2.4 GHz clock signals for the receiver and transmitter. All components of the clock generator are integrated on-chip, including:

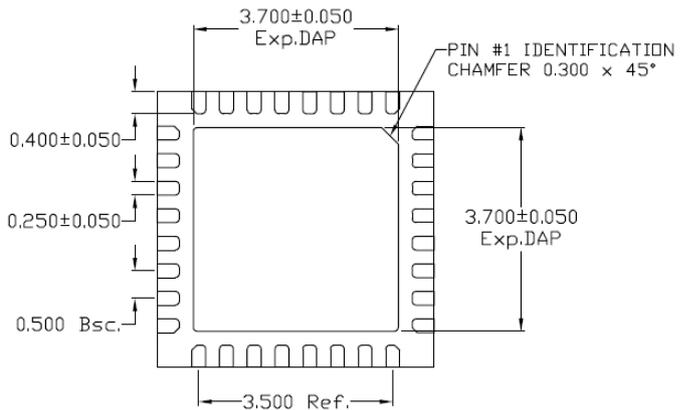
- inductor,
- varactor, and
- loop filter.

The clock generator has built-in calibration and self test circuits. Quadrature clock phases and phase noise are optimized on-chip with patented calibration algorithms to ensure the best receiver and transmitter performance.

### App. QFN32 Package Drawing



TOP VIEW

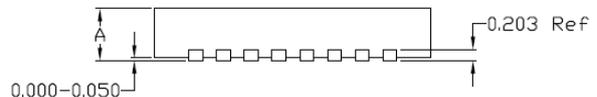


BOTTOM VIEW

**NOTE:**

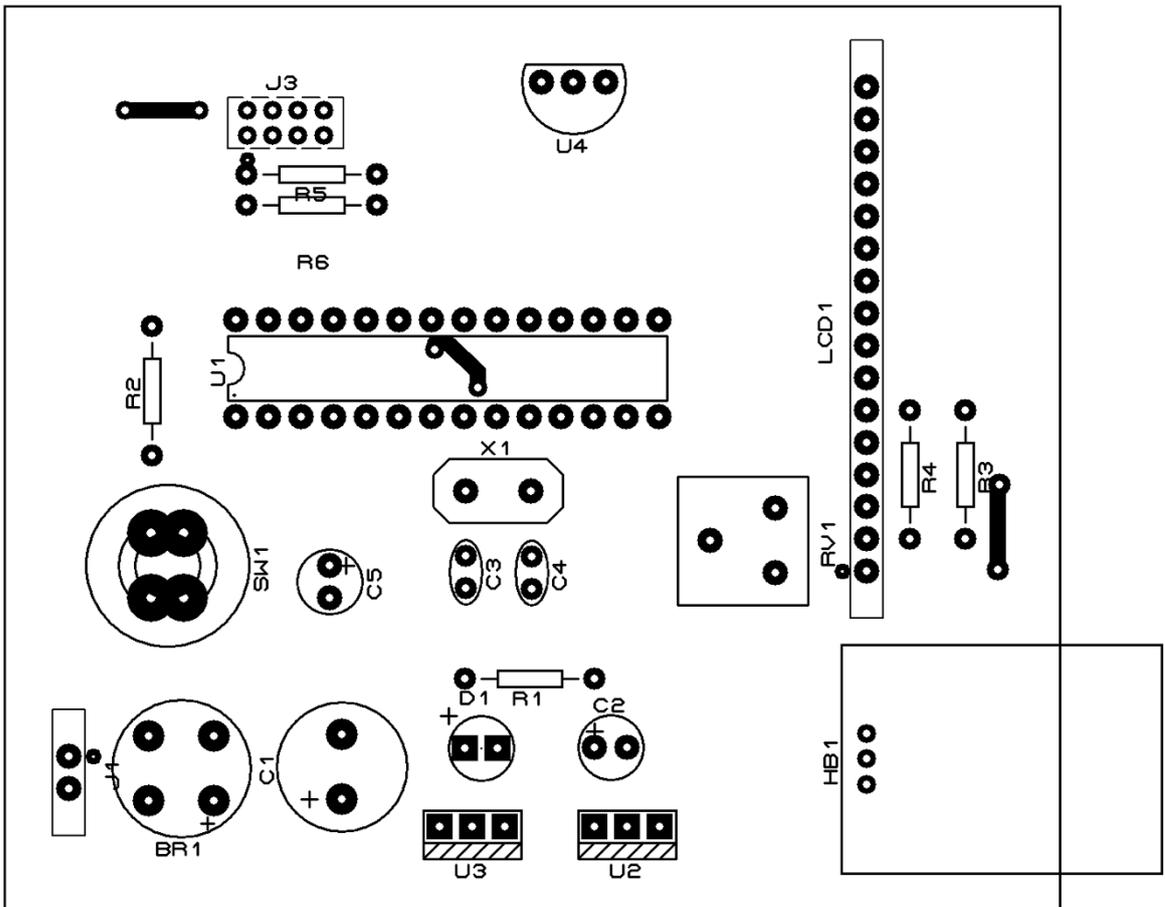
1) TSLP AND SLP SHARE THE SAME EXPOSE OUTLINE BUT WITH DIFFERENT THICKNESS:

		TSLP	SLP
A	MAX.	0.800	0.900
	NOM.	0.750	0.850
	MIN.	0.700	0.800



SIDE VIEW

Anexo 8



## Anexo 9

```
#include <SoftwareSerial.h>
#include <LiquidCrystal.h>

/////constants/////
int update_st = 0;
int cmd=1; int i = 0;
int reset=0;
int last_beats=0;
String str;
String str1="GET /IOTheart.aspx?id=ag19952@gmail.com&pass=7966&rate=";
String str2="&tmp=";
String str3=" HTTP/1.1\r\nHost: www.iotgecko.com";
String inputString="";

long time1;
long time2;
int beats=0,last_rate;
float temp = 0;
/////pins/////
const int HR_RX = 6;
const int lm35 = A0;

SoftwareSerial esp8266(A4,A5); // make RX Arduino line is pin 2, make TX
Arduino line is pin 3.
// This means that you need to connect the TX line from the esp to the
Arduino's pin 2
// and the RX line from the esp to the
Arduino's pin 3
LiquidCrystal lcd(7,13,9,10,11,12);

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16, 2);
  pinMode(HR_RX, INPUT);
  lcd.clear();
  lcd.print(" IOT Patient ");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(" Health monitor ");
  delay(2000);
  lcd.clear();
  lcd.print("Connecting Wifi");
  esp8266.begin(9600)// your esp's baud rate might be different
  sendData("AT+CWAUTOCONN=0\r\n","OK",2000,1);
  sendData("ATE0\r\n","OK",1000,1);
  sendData("AT+CIPMUX=1\r\n","OK",2000,1); // configure for multiple
connections
  sendData("AT+CWMODE=3\r\n","OK",2000,1); // configure as access point
  sendData("AT+CWJAP=\"iotpatient\", \"project1234\"\r\n","OK",10000,1);
  sendData("AT+CIPSTART=4,\"TCP\", \"www.iotgecko.com\",80\r\n","OK",5000,
1);
  reset=0;

  lcd.clear();
  lcd.print("Connected...");

```

**A9-1**

```

delay(1000);
lcd.clear();
lcd.print("Beats/minute:");
lcd.print(beats);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Temp:");
lcd.print(temp);
lcd.print(F("\337C"));
reset=0;
}

void loop()
{
if(reset==1)
{
lcd.clear();
lcd.print("connection lost..");
delay(1500);
lcd.clear();
lcd.print("Trying to ");
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("reconnect...");
sendData("AT+CIPCLOSE=4\r\n\r\n","OK",1000,1);
sendData("AT+CIPMUX=1\r\n\r\n","OK",1000,1); // configure for multiple
connections
sendData("AT+CWMODE=3\r\n\r\n","OK",1000,1); // configure as access point
sendData("AT+CWJAP=\"iotpatient\", \"project1234\"\r\n\r\n","OK",10000,1);
sendData("AT+CIFSR\r\n\r\n","OK",1000,1); // get ip address
sendData("AT+CIPSTART=4, \"TCP\", \"www.iotgecko.com\", 80\r\n\r\n","OK",5000,
1);
reset=0;
lcd.clear();
lcd.print("Connected....");
delay(1500);
lcd.clear();
lcd.print("Beats/minute:");
lcd.print(beats);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Temp:");
lcd.print(temp);
lcd.print(F("\337C"));
}
else
{
hbt();
temperature();
lcd.clear();
lcd.print("Beats/minute:");
lcd.print(beats);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Temp:");
lcd.print(temp);
lcd.print(F("\337C"));
}

str="";
str +=str1;
str += (String)beats ;

```

```

str += str2;
str += (String)temp;
str += str3;

    String len=String(str.length()) + "\r\n" ;
sendData("AT+CIPSEND=4,",">",100,0);
sendData(len,">",2000,1);
sendData(str,"</html>",10000,1);
    }

}

void hbt()
{
int k=0;
long t_out1 = millis();
bool zero = false;
while(k<15)
    {
if(digitalRead(HR_RX))
    {
        t_out1 = millis();
if(k==0)
        time1=millis();
k++;
    }
if(millis() - t_out1 > 2000)
    {
zero = true;
break;
    }
}
if(!zero)
    {
        time2=millis();
beats=time2-time1;
beats=beats/15;
beats=60000/beats;
    }
}

void temperature()
{
temp = analogRead(lm35)/2;
}

void sendData(String cmd,String response,int timeout,int debug)
{
esp8266.print(cmd);
if(debug==1)
{
long current_time=millis();
while((inputString.endsWith(response)==false) && ((current_time+timeout)>
millis()))
    {
inputString="";
while(esp8266.available()>0)
    {

```

```
char inChar = (char)esp8266.read();
    inputString += inChar;
}
if(inputString.indexOf("ERROR")>=0)
{
reset=1;
}
}
}
```



### Preset potentiometers

Order code	Manufacturer code	Description
67-0200	PNZ10Z 100R	100R HORIZ.ENCLOSED PRESET (RC)
67-0205	PNZ10Z 220R	220R HORIZ.ENCLOSED PRESET (RC)
67-0210	PNZ10Z 470R	470R HORIZ.ENCLOSED PRESET (RC)
67-0215	PNZ10Z 1K	1K HORIZONTAL ENCLOSED PRESET (RC)
67-0220	PNZ10Z 2K2	2K2 HORIZ.ENCLOSED PRESET (RC)
67-0225	PNZ10Z 4K7	4K7 HORIZONTAL ENCLOSED PRESET (RC)
67-0230	PNZ10Z 10K	10K HORIZONTAL ENCLOSED PRESET (RC)
67-0235	PNZ10Z 22K	22K HORIZONTAL ENCLOSED PRESET (RC)
67-0240	PNZ10Z 47K	47K HORIZONTAL ENCLOSED PRESET (RC)
67-0245	PNZ10Z 100K	100K HORIZ.ENCLOSED PRESET (RC)
67-0250	PNZ10Z 220K	220K HORIZ.ENCLOSED PRESET (RC)
67-0255	PNZ10Z 470K	470K HORIZ.ENCLOSED PRESET (RC)
67-0260	PNZ10Z 1M	1M HORIZONTAL ENCLOSED PRESET (RC)
67-0270	PNZ11Z 100R	100R VERTICAL ENCLOSED PRESET (RC)
67-0275	PNZ11Z 220R	220R VERTICAL ENCLOSED PRESET RC
67-0280	PNZ11Z 470R	470R VERTICAL ENCLOSED PRESET (RC)
67-0285	PNZ11Z 1K	1K VERTICAL ENCLOSED PRESET (RC)
67-0290	PNZ11Z 2K2	2K2 VERTICAL ENCLOSED PRESET (RC)
67-0295	PNZ11Z 4K7	4K7 VERTICAL ENCLOSED PRESET (RC)
67-0300	PNZ11Z 10K	10K VERTICAL ENCLOSED PRESET (RC)
67-0305	PNZ11Z 22K	22K VERTICAL ENCLOSED PRESET (RC)
67-0310	PNZ11Z 47K	47K VERTICAL ENCLOSED PRESET (RC)
67-0315	PNZ11Z 100K	100K VERTICAL ENCLOSED PRESET (RC)
67-0320	PNZ11Z 220K	220K VERTICAL ENCLOSED PRESET (RC)
67-0325	PNZ11Z 470K	470K VERTICAL ENCLOSED PRESET (RC)
67-0330	PNZ11Z 1M	1M VERTICAL ENCLOSED PRESET (RC)

Preset potentiometers

Page 1 of 3

The enclosed information is believed to be correct, Information may change 'without notice' due to product improvement. Users should ensure that the product is suitable for their use. E. & O. E.

Revision A 04/07/2003

Sales: 01206 751166

Technical: 01206 835555

Fax: 01206 7551188

Sales@rapidelec.co.uk

Tech@rapidelec.co.uk  
www.rapidelectronics.co.uk

### Enclosed preset potentiometers

A range of fully enclosed miniature, single turn pre-set potentiometers suitable for use in unfavourable environments. The regular outline facilitates use in automatic insertion machines. Adjustment may be made from both sides. Pin compatible with Piher PT10 and CITEC CT10 series.

A10-1

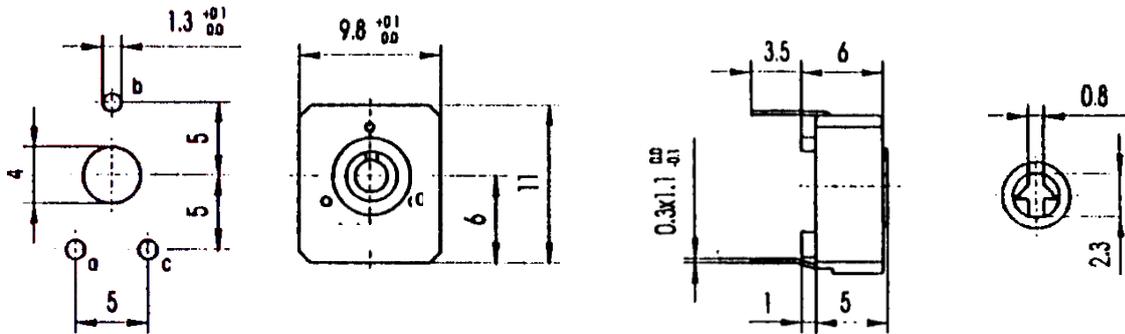
Iskra PNZ10Z and PNZ11Z

series. Technical specification

Tolerance:	20%
End resistance:	2%
Power rating:	0.15W at 40°C
Maximum voltage:	200Vdc
Temperature coefficient:	1000ppm/°C
Temperature range:	-25°C to +70°C
Electrical rotation:	240°±5°
Mechanical rotation:	295°±5°
Operating torque:	4 to 20 mNm
End stop torque:	≥ 50 nMn
Weight:	0.72g

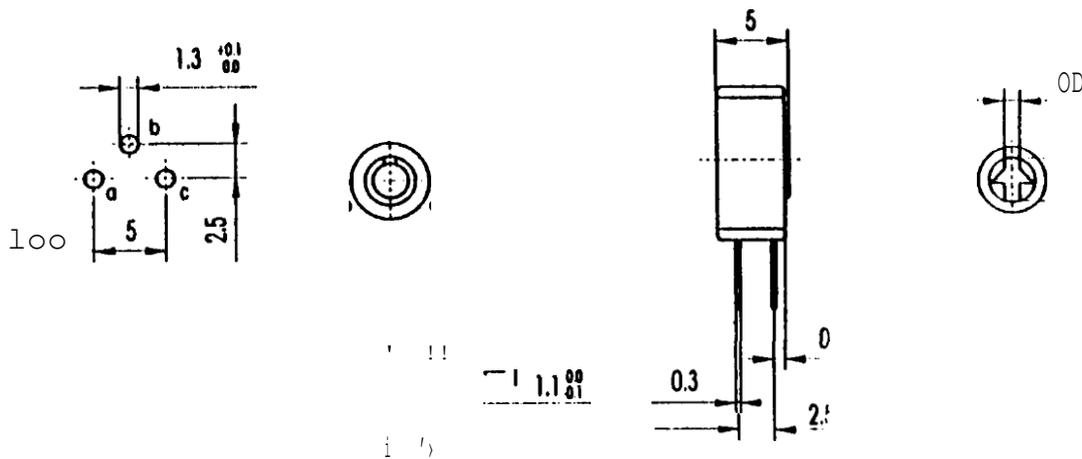
Physical Dimensions

PNZ10Z (HORIZONTAL)



ADJUSTMENT SLOT

PNZ11Z (VERTICAL)



ADJUSTMENT SLOT

## Features



- High Performance, Low Power AVR®8-Bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 131 Powerful Instructions – Most Single Clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 20 MIPS Throughput at 20MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory Segments
  - 4/8/16/32 Kbytes of In-System Self-Programmable Flash program memory (ATmega48PA/88PA/168PA/328P)
  - 256/512/512/1 KBytes EEPROM (ATmega48PA/88PA/168PA/328P)
  - 512/1K/1K/2 KBytes Internal SRAM (ATmega48PA/88PA/168PA/328P)
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash / 100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C / 100 years at 25 °C<sup>(1)</sup>
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits In-System Programming by On-chip Boot Program True Read-While-Write Operation
  - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer / Counters with Separate Prescaler and Compare Mode
  - One 16-bit Timer / Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Six PWM
  - 8-channel 10-bit ADC in TQFP and QFN/MLF package Temperature Measurement
  - 6-channel 10-bit ADC in PDIP Package Temperature Measurement
  - Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Byte-oriented 2-wire Serial Interface (Philips I<sup>2</sup>C compatible)
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
  - Interrupt and Wake-up on Pin Change
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby, and Extended Standby
- I/O and Packages
  - 23 Programmable I/O Lines
  - 28-pin PDIP, 32-lead TQFP, 28-pad QFN/MLF and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltage:
  - 1.8 - 5.5 V for ATmega48PA/88PA/168PA/328P
- Temperature Range:
  - -40 °C to 85 °C
- Speed Grade:
  - 0 - 20 MHz @ 1.8 - 5.5 V
- Low Power Consumption at 1 MHz, 1.8 V, 25 °C for ATmega48PA/88PA/168PA/328P:

8-bit  
Microcontroller  
With  
4/8/16/32KBytes  
In-System  
Programmable  
Flash

ATmega48PA  
ATmega88PA

ATmega168PA

ATmega328P

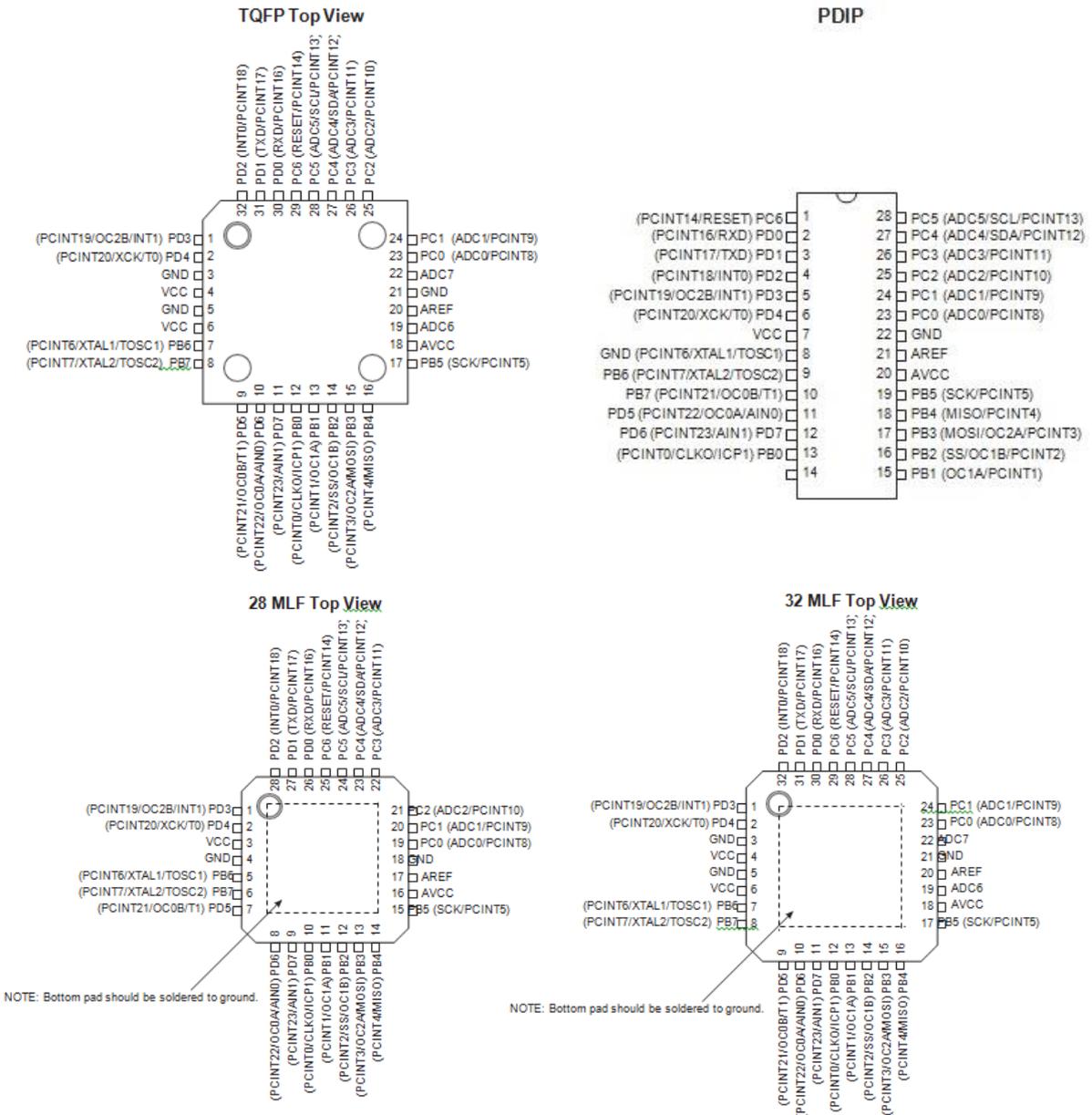
Summary

- Active Mode: 0.2 mA
- Power-down Mode: 0.1  $\mu$ A
- Power-save Mode: 0.75  $\mu$ A (Including 32 kHz RTC)



# 1 Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega48PA / 88PA / 168PA / 328P



## 1.1 Pin Descriptions

### 4.2.2 VCC

Digital supply voltage.

### 4.2.2 GND

Ground.

### 4.2.2 Port B (PB7:0) XTAL1 / XTAL2 / TOSC1 / TOSC2

Port B is an 8-bit bi-directional I / O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port B output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port B pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port B pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

Depending on the clock selection fuse settings, PB6 can be used as input to the inverting Oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

Depending on the clock selection fuse settings, PB7 can be used as output from the inverting Oscillator amplifier.

If the Internal Calibrated RC Oscillator is used as chip clock source, PB7..6 is used as TOSC2..1 input for the Asynchronous Timer / Counter2 if the AS2 bit in ASSR is set.

The various special features of Port B are elaborated in ["Alternate Functions of Port B" on page 76](#) and ["System Clock and Clock Options" on page 26](#).

### 4.2.2 Port C (PC5:0)

Port C is a 7-bit bi-directional I/O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The PC5..0 output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port C pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port C pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

### 4.2.2 PC6/RESET

If the RSTDISBL Fuse is programmed, PC6 is used as an I / O pin. Note that the electrical characteristics of PC6 differ from those of the other pins of Port C.

If the RSTDISBL Fuse is unprogrammed, PC6 is used as a Reset input. A low level on this pin for longer than the minimum pulse length will generate a Reset, even if the clock is not running. The minimum pulse length is given in [Table 28-3 on page 308](#). Shorter pulses are not guaranteed to generate a Reset.

The various special features of Port C are elaborated in "[Alternate Functions of Port C](#)" on page 79.

#### 4.2.2 Port D (PD7:0)

Port D is an 8-bit bi-directional I / O port with internal pull-up resistors (selected for each bit). The Port D output buffers have symmetrical drive characteristics with both high sink and source capability. As inputs, Port D pins that are externally pulled low will source current if the pull-up resistors are activated. The Port D pins are tri-stated when a reset condition becomes active, even if the clock is not running.

The various special features of Port D are elaborated in "[Alternate Functions of Port D](#)" on page 82.

#### 4.2.2 $AV_{CC}$

$AV_{CC}$  is the supply voltage pin for the A / D Converter, PC3:0, and ADC7:6. It should be externally connected to  $V_{CC}$ , even if the *ADC* is not used. If the *ADC* is used, it should be connected to  $V_{CC}$  through a low-pass filter. Note that PC6..4 use digital supply voltage,  $V_{CC}$ .

#### 4.2.2 AREF

AREF is the analog reference pin for the *A/D* Converter.

#### 4.2.2 ADC7:6 (TQFP and QFN/MLF Package Only)

In the TQFP and QFN/MLF package, ADC7:6 serve as analog inputs to the A / D converter. These pins are powered from the analog supply and serve as 10-bit *ADC* channels.

## 2 Overview

The ATmega48PA/88PA/168PA/328P is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega48PA/88PA/168PA/328P achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

## 2.2 Comparison Between ATmega48PA, ATmega88PA, ATmega168PA and ATmega328P

The ATmega48PA, ATmega88PA, ATmega168PA and ATmega328P differ only in memory sizes, boot loader support, and interrupt vector sizes. Table 2-1 summarizes the different memory and interrupt vector sizes for the three devices.

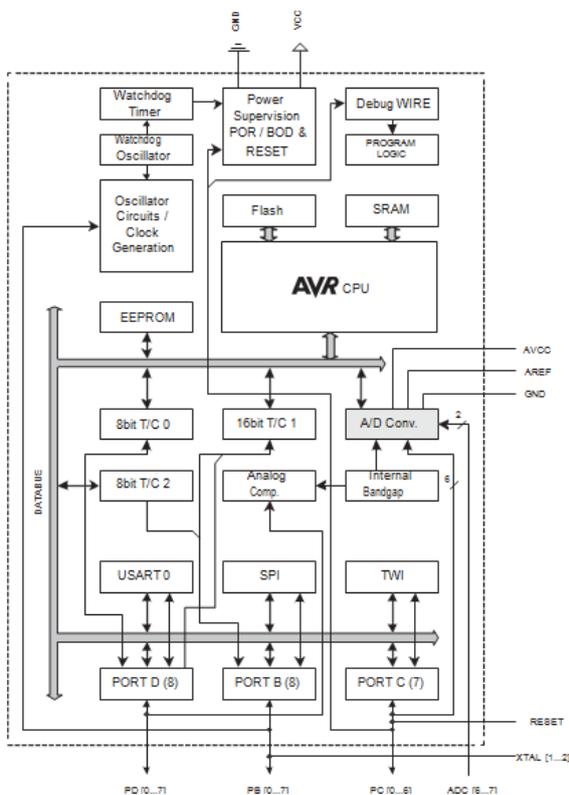
**Table 2-1.** Memory Size Summary

Device	Flash	EEPROM	RAM	Interrupt Vector Size
ATmega48PA	4K Bytes	256 Bytes	512 Bytes	1 instruction word/vector
ATmega88PA	8K Bytes	512 Bytes	1K Bytes	1 instruction word/vector
ATmega168PA	16K Bytes	512 Bytes	1K Bytes	2 instruction words/vector
ATmega328P	32K Bytes	1K Bytes	2K Bytes	2 instruction words/vector

ATmega88PA, ATmega168PA and ATmega328P support a real Read-While-Write Self-Programming mechanism. There is a separate Boot Loader Section, and the SPM instruction can only execute from there. In ATmega48PA, there is no Read-While-Write support and no separate Boot Loader Section. The SPM instruction can execute from the entire Flash.

## 2.1 Block Diagram

**Figure 2-1.** Block Diagram



The AVR core combines a rich instruction set with 32 general purpose working registers. All the 32 registers are directly connected to the Arithmetic Logic Unit (ALU), allowing two independent registers to be accessed in one single instruction executed in one clock cycle. The resulting architecture is more code efficient while achieving throughputs up to ten times faster than conventional CISC microcontrollers.

The ATmega48PA / 88PA / 168PA / 328P provides the following features: 4 / 8 / 16 / 32K bytes of In-System Programmable Flash with Read-While-Write capabilities, 256 / 512 / 512 / 1K bytes EEPROM, 512 / 1K / 1K / 2K bytes SRAM, 23 general purpose I/O lines, 32 general purpose working registers, three flexible Timer / Counters with compare modes, internal and external interrupts, a serial programmable USART, a byte-oriented 2-wire Serial Interface, an SPI serial port, a 6-channel 10-bit ADC (8 channels in TQFP and QFN / MLF packages), a programmable Watchdog Timer with internal Oscillator, and five software selectable power saving modes. The Idle mode stops the CPU while allowing the SRAM, Timer / Counters, USART, 2-wire Serial Interface, SPI port, and interrupt system to continue functioning. The Power-down mode saves the register contents but freezes the Oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or hardware reset. In Power-save mode, the asynchronous timer continues to run, allowing the user to maintain a timer base while the rest of the device is sleeping. The ADC Noise Reduction mode stops the CPU and all I / O modules except asynchronous timer and ADC, to minimize switching noise during ADC conversions. In Standby mode, the crystal / resonator Oscillator is running while the rest of the device is sleeping. This allows very fast start-up combined with low power consumption.

The device is manufactured using Atmel's high density non-volatile memory technology. The On-chip ISP Flash allows the program memory to be reprogrammed In-System through an SPI serial interface, by a conventional non-volatile memory programmer, or by an On-chip Boot program running on the AVR core. The Boot program can use any interface to download the application program in the Application Flash memory. Software in the Boot Flash section will continue to run while the Application Flash section is updated, providing true Read-While-Write operation. By combining an 8-bit RISC CPU with In-System Self-Programmable Flash on a monolithic chip, the Atmel ATmega48PA / 88PA / 168PA / 328P is a powerful microcontroller that provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The ATmega48PA / 88PA / 168PA / 328P AVR is supported with a full suite of program and system development tools including: C Compilers, Macro Assemblers, Program Debugger/Simulators, In-Circuit Emulators, and Evaluation kits.

### 3 Resources

A comprehensive set of development tools, application notes and datasheets are available for download on <http://www.atmel.com/avr>.

### 4 Data Retention

Reliability Qualification results show that the projected data retention failure rate is much less than 1 PPM over 20 years at 85 °C or 100 years at 25 °C.

### 5 Register Summary

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
(0xFF)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xFE)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xFD)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xFC)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xFB)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xFA)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xF9)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xF8)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xF7)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xF6)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xF5)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xF4)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xF3)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xF2)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xF1)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xF0)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xEF)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xEE)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xED)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xEC)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xEB)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xEA)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xE9)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xE8)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xE7)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xE6)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xE5)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xE4)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xE3)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xE2)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xE1)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xE0)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xDF)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	
(0xDE)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	

(0xDD)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xDC)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xDB)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xDA)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD9)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD8)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD7)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD6)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD5)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD4)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD3)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD2)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD1)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xD0)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xCF)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xCE)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xCD)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xCC)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xCB)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xCA)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xC9)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xC8)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xC7)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xC6)	UDR0	USART I/O Data Register									189
(0xC5)	UBRR0H	USART Baud Rate Register High									193
(0xC4)	UBRR0L	USART Baud Rate Register Low									193
(0xC3)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0xC2)	UCSR0C	UMSEL01	UMSEL00	UPM01	UPM00	USB0	UCSZ01/UDORD0	UCSZ00/UCPHA0	UCPOL0	191/206	

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page	
(0xC1)	UCSR0B	RXCIE0	TXCIE0	UDRIE0	RXEN0	TXEN0	UCSZ02	RXB80	TXB80	190	
(0xC0)	UCSR0A	RXC0	TXC0	UDRE0	FE0	DOR0	UPE0	U2X0	MPCM0	189	
(0xBF)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xBE)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xBD)	TWAMR	TWAM6	TWAM5	TWAM4	TWAM3	TWAM2	TWAM1	TWAM0	–	239	
(0xBC)	TWCR	TWINT	TWEA	TWSTA	TWSTO	TWWC	TWEN	–	TWIE	236	
(0xBB)	TWDR	2-wire Serial Interface Data Register									238
(0xBA)	TWAR	TWA6	TWA5	TWA4	TWA3	TWA2	TWA1	TWA0	TWGCE	239	
(0xB9)	TWSR	TWS7	TWS6	TWS5	TWS4	TWS3	–	TWPS1	TWPS0	238	
(0xB8)	TWBR	2-wire Serial Interface Bit Rate Register									236
(0xB7)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xB6)	ASSR	–	EXCLK	AS2	TCN2UB	OCR2AUB	OCR2BUB	TCR2AUB	TCR2BUB	158	
(0xB5)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xB4)	OCR2B	Timer/Counter2 Output Compare Register B									156
(0xB3)	OCR2A	Timer/Counter2 Output Compare Register A									156
(0xB2)	TCNT2	Timer/Counter2 (8-bit)									156
(0xB1)	TCCR2B	FOC2A	FOC2B	–	–	WGM22	CS22	CS21	CS20	155	
(0xB0)	TCCR2A	COM2A1	COM2A0	COM2B1	COM2B0	–	–	WGM21	WGM20	152	
(0xAF)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xAE)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		
(0xAD)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–		

(0xAC)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0xAB)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0xAA)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0xA9)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0xA8)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0xA7)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0xA6)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0xA5)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0xA4)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0xA3)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0xA2)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0xA1)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0xA0)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x9F)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x9E)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x9D)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x9C)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x9B)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x9A)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x99)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x98)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x97)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x96)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x95)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x94)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x93)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x92)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x91)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x90)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x8F)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x8E)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x8D)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x8C)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x8B)	OCR1BH	Timer/Counter1 - Output Compare Register B High Byte								132
(0x8A)	OCR1BL	Timer/Counter1 - Output Compare Register B Low Byte								132
(0x89)	OCR1AH	Timer/Counter1 - Output Compare Register A High Byte								132
(0x88)	OCR1AL	Timer/Counter1 - Output Compare Register A Low Byte								132
(0x87)	ICR1H	Timer/Counter1 - Input Capture Register High Byte								133
(0x86)	ICR1L	Timer/Counter1 - Input Capture Register Low Byte								133
(0x85)	TCNT1H	Timer/Counter1 - Counter Register High Byte								132
(0x84)	TCNT1L	Timer/Counter1 - Counter Register Low Byte								132
(0x83)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x82)	TCCR1C	FOC1A	FOC1B	-	-	-	-	-	-	131
(0x81)	TCCR1B	ICNC1	ICES1	-	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	130
(0x80)	TCCR1A	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	-	-	WGM11	WGM10	128

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
(0x7F)	DIDR1	-	-	-	-	-	-	AIN1D	AIN0D	244
(0x7E)	DIDR0	-	-	ADC5D	ADC4D	ADC3D	ADC2D	ADCTD	ADC0D	261
(0x7D)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x7C)	ADMUX	REFS1	REFS0	ADLAR	-	MUX3	MUX2	MUX1	MUX0	257
(0x7B)	ADCSRB	-	ACME	-	-	-	ADTS2	ADTS1	ADTS0	260
(0x7A)	ADCSRA	ADEN	ADSC	ADATE	ADIF	ADIE	ADPS2	ADPS1	ADPS0	258
(0x79)	ADCH	ADC Data Register High byte								260
(0x78)	ADCL	ADC Data Register Low byte								260
(0x77)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x76)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x75)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(0x74)	Reserved	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(0x73)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x72)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x71)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x70)	TIMSK2	–	–	–	–	–	OCIE2B	OCIE2A	TOIE2	157
(0x6F)	TIMSK1	–	–	ICIE1	–	–	OCIE1B	OCIE1A	TOIE1	133
(0x6E)	TIMSK0	–	–	–	–	–	OCIE0B	OCIE0A	TOIE0	105
(0x6D)	PCMSK2	PCINT23	PCINT22	PCINT21	PCINT20	PCINT19	PCINT18	PCINT17	PCINT16	68
(0x6C)	PCMSK1	–	PCINT14	PCINT13	PCINT12	PCINT11	PCINT10	PCINT9	PCINT8	68
(0x6B)	PCMSK0	PCINT7	PCINT6	PCINT5	PCINT4	PCINT3	PCINT2	PCINT1	PCINT0	68
(0x6A)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x69)	EICRA	–	–	–	–	ISC11	ISC10	ISC01	ISC00	65
(0x68)	PCICR	–	–	–	–	–	PCIE2	PCIE1	PCIE0	
(0x67)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x66)	OSCCAL	Oscillator Calibration Register								37
(0x65)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x64)	PRR	PRTWI	PRTIM2	PRTIM0	–	PRTIM1	PRSPI	PRUSART0	PRADC	42
(0x63)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x62)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
(0x61)	CLKPR	CLKPCE	–	–	–	CLKPS3	CLKPS2	CLKPS1	CLKPS0	37
(0x60)	WDTCR	WDIF	WDIE	WDP3	WDCE	WDE	WDP2	WDP1	WDP0	54
0x3F (0x5F)	SREG	I	T	H	S	V	N	Z	C	9
0x3E (0x5E)	SPH	–	–	–	–	–	(SP10) <sup>5</sup>	SP9	SP8	12
0x3D (0x5D)	SPL	SP7	SP6	SP5	SP4	SP3	SP2	SP1	SP0	12
0x3C (0x5C)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x3B (0x5B)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x3A (0x5A)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x39 (0x59)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x38 (0x58)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x37 (0x57)	SPMCSR	SPMIE	(RWWSB) <sup>5</sup>	–	(RWWSRE) <sup>5</sup>	BLBSET	PGWRT	PGERS	SELFPRGEN	284
0x36 (0x56)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x35 (0x55)	MCUCR	–	BODS	BODSE	PUD	–	–	IVSEL	IVCE	44/6 2/86
0x34 (0x54)	MCUSR	–	–	–	–	WDRF	BORF	EXTRF	PORF	54
0x33 (0x53)	SMCR	–	–	–	–	SM2	SM1	SM0	SE	40
0x32 (0x52)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x31 (0x51)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x30 (0x50)	ACSR	ACD	ACBG	ACO	ACI	ACIE	ACIC	ACIS1	ACIS0	242
0x2F (0x4F)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x2E (0x4E)	SPDR	SPI Data Register								169
0x2D (0x4D)	SPSR	SPIF	WCOL	–	–	–	–	–	SPI2X	168
0x2C (0x4C)	SPCR	SPIE	SPE	DORD	MSTR	CPOL	CPHA	SPR1	SPR0	167
0x2B (0x4B)	GPIOR2	General Purpose I/O Register 2								25
0x2A (0x4A)	GPIOR1	General Purpose I/O Register 1								25
0x29 (0x49)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x28 (0x48)	OCR0B	Timer/Counter0 Output Compare Register B								
0x27 (0x47)	OCR0A	Timer/Counter0 Output Compare Register A								
0x26 (0x46)	TCNT0	Timer/Counter0 (8-bit)								
0x25 (0x45)	TCCR0B	FOC0A	FOC0B	–	–	WGM02	CS02	CS01	CS00	
0x24 (0x44)	TCCR0A	COM0A1	COM0A0	COM0B1	COM0B0	–	–	WGM01	WGM00	
0x23 (0x43)	GTCCR	TSM	–	–	–	–	–	PSRASY	PSRSYNC	137/ 159
0x22 (0x42)	EEARH	(EEPROM Address Register High Byte) <sup>5</sup>								21
0x21 (0x41)	EEARL	EEPROM Address Register Low Byte								21
0x20 (0x40)	EEDR	EEPROM Data Register								21

0x1F (0x3F)	EECR	–	–	EEPMM1	EEPMM0	EERIE	EEMPE	EEPE	EERE	21
0x1E (0x3E)	GPOR0	General Purpose I/O Register 0								25

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Page
0x1D (0x3D)	EIMSK	–	–	–	–	–	–	INT1	INT0	66
0x1C (0x3C)	EIFR	–	–	–	–	–	–	INTF1	INTF0	66
0x1B (0x3B)	PCIFR	–	–	–	–	–	PCIF2	PCIF1	PCIF0	
0x1A (0x3A)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x19 (0x39)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x18 (0x38)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x17 (0x37)	TIFR2	–	–	–	–	–	OCF2B	OCF2A	TOV2	157
0x16 (0x36)	TIFR1	–	–	ICF1	–	–	OCF1B	OCF1A	TOV1	134
0x15 (0x35)	TIFR0	–	–	–	–	–	OCF0B	OCF0A	TOV0	
0x14 (0x34)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x13 (0x33)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x12 (0x32)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x11 (0x31)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x10 (0x30)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x0F (0x2F)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x0E (0x2E)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x0D (0x2D)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x0C (0x2C)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x0B (0x2B)	PORTD	PORTD7	PORTD6	PORTD5	PORTD4	PORTD3	PORTD2	PORTD1	PORTD0	87
0x0A (0x2A)	DDRD	DDD7	DDD6	DDD5	DDD4	DDD3	DDD2	DDD1	DDD0	87
0x09 (0x29)	PIND	PIND7	PIND6	PIND5	PIND4	PIND3	PIND2	PIND1	PIND0	87
0x08 (0x28)	PORTC	–	PORTC6	PORTC5	PORTC4	PORTC3	PORTC2	PORTC1	PORTC0	86
0x07 (0x27)	DDRC	–	DDC6	DDC5	DDC4	DDC3	DDC2	DDC1	DDC0	86
0x06 (0x26)	PINC	–	PINC6	PINC5	PINC4	PINC3	PINC2	PINC1	PINC0	86
0x05 (0x25)	PORTB	PORTB7	PORTB6	PORTB5	PORTB4	PORTB3	PORTB2	PORTB1	PORTB0	86
0x04 (0x24)	DDRB	DDB7	DDB6	DDB5	DDB4	DDB3	DDB2	DDB1	DDB0	86
0x03 (0x23)	PINB	PINB7	PINB6	PINB5	PINB4	PINB3	PINB2	PINB1	PINB0	86
0x02 (0x22)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x01 (0x21)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	
0x0 (0x20)	Reserved	–	–	–	–	–	–	–	–	

- Note:
1. For compatibility with future devices, reserved bits should be written to zero if accessed. Reserved I / O memory addresses should never be written.
  2. I / O Registers with in the address range 0x00-0x1F are directly bit-accessible using the SBI and CBI instructions. In these registers, the value of single bits can be checked by using the SBIS and SBIC instructions.
  3. Some of the Status Flags are cleared by writing a logical one to them. Note that, unlike most other AVR, the CBI and SBI instructions will only operate on the specified bit, and can therefore be used on registers containing such Status Flags. The CBI and SBI instructions work with registers 0x00 to 0x1F only.
  4. When using the I / O specific commands IN and OUT, the I / O addresses 0x00 - 0x3F must be used. When addressing I / O Registers as data space using LD and ST instructions, 0x20 must be added to these addresses. The ATmega48PA / 88PA / 168PA / 328P is a complex microcontroller with more peripheral units than can be supported with in the 64 location reserved in Opcode for the IN and OUT instructions. For the Extended I/O space from 0x60 - 0xFF in SRAM, only the ST/STS/STD and LD/LDS/LDD instructions can be used.

Only valid for ATmega88PA.

## 6 Instruction Set Summary

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
<b>ARITHMETIC AND LOGIC INSTRUCTIONS</b>					
ADD	Rd, Rr	Add two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr$	Z,C,N,V,H	1
ADC	Rd, Rr	Add with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd + Rr + C$	Z,C,N,V,H	1
ADIW	RdI,K	Add Immediate to Word	$Rdh:Rdl \leftarrow Rdh:Rdl + K$	Z,C,N,V,S	2
SUB	Rd, Rr	Subtract two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr$	Z,C,N,V,H	1
SUBI	Rd, K	Subtract Constant from Register	$Rd \leftarrow Rd - K$	Z,C,N,V,H	1
SBC	Rd, Rr	Subtract with Carry two Registers	$Rd \leftarrow Rd - Rr - C$	Z,C,N,V,H	1
SBCI	Rd, K	Subtract with Carry Constant from Reg.	$Rd \leftarrow Rd - K - C$	Z,C,N,V,H	1
SBIW	RdI,K	Subtract Immediate from Word	$Rdh:Rdl \leftarrow Rdh:Rdl - K$	Z,C,N,V,S	2
AND	Rd, Rr	Logical AND Registers	$Rd \leftarrow Rd \bullet Rr$	Z,N,V	1
ANDI	Rd, K	Logical AND Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \bullet K$	Z,N,V	1
OR	Rd, Rr	Logical OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \vee Rr$	Z,N,V	1
ORI	Rd, K	Logical OR Register and Constant	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
EOR	Rd, Rr	Exclusive OR Registers	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rr$	Z,N,V	1
COM	Rd	One's Complement	$Rd \leftarrow 0xFF - Rd$	Z,C,N,V	1
NEG	Rd	Two's Complement	$Rd \leftarrow 0x00 - Rd$	Z,C,N,V,H	1
SBR	Rd,K	Set Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \vee K$	Z,N,V	1
CBR	Rd,K	Clear Bit(s) in Register	$Rd \leftarrow Rd \bullet (0xFF - K)$	Z,N,V	1
INC	Rd	Increment	$Rd \leftarrow Rd + 1$	Z,N,V	1
DEC	Rd	Decrement	$Rd \leftarrow Rd - 1$	Z,N,V	1
TST	Rd	Test for Zero or Minus	$Rd \leftarrow Rd \bullet Rd$	Z,N,V	1
CLR	Rd	Clear Register	$Rd \leftarrow Rd \oplus Rd$	Z,N,V	1
SER	Rd	Set Register	$Rd \leftarrow 0xFF$	None	1
MUL	Rd, Rr	Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULS	Rd, Rr	Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
MULSU	Rd, Rr	Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow Rd \times Rr$	Z,C	2
FMUL	Rd, Rr	Fractional Multiply Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z,C	2
FMULS	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z,C	2
FMULSU	Rd, Rr	Fractional Multiply Signed with Unsigned	$R1:R0 \leftarrow (Rd \times Rr) \lll 1$	Z,C	2
<b>BRANCH INSTRUCTIONS</b>					
RJMP	k	Relative Jump	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	2
IJMP		Indirect Jump to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	2
JMP <sup>(1)</sup>	k	Direct Jump	$PC \leftarrow k$	None	3
RCALL	k	Relative Subroutine Call	$PC \leftarrow PC + k + 1$	None	3
ICALL		Indirect Call to (Z)	$PC \leftarrow Z$	None	3
CALL <sup>(1)</sup>	k	Direct Subroutine Call	$PC \leftarrow k$	None	4
RET		Subroutine Return	$PC \leftarrow STACK$	None	4
RETI		Interrupt Return	$PC \leftarrow STACK$	I	4
CPSE	Rd,Rr	Compare, Skip if Equal	if (Rd = Rr) $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
CP	Rd,Rr	Compare	$Rd - Rr$	Z, N, V, C, H	1
CPC	Rd,Rr	Compare with Carry	$Rd - Rr - C$	Z, N, V, C, H	1
CPI	Rd,K	Compare Register with Immediate	$Rd - K$	Z, N, V, C, H	1
SBRC	Rr, b	Skip if Bit in Register Cleared	if (Rr(b)=0) $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
SBRS	Rr, b	Skip if Bit in Register is Set	if (Rr(b)=1) $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
SBIC	P, b	Skip if Bit in I/O Register Cleared	if (P(b)=0) $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
SBIS	P, b	Skip if Bit in I/O Register is Set	if (P(b)=1) $PC \leftarrow PC + 2$ or 3	None	1/2/3
BRBS	s, k	Branch if Status Flag Set	if (SREG(s) = 1) then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRBC	s, k	Branch if Status Flag Cleared	if (SREG(s) = 0) then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BREQ	k	Branch if Equal	if (Z = 1) then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRNE	k	Branch if Not Equal	if (Z = 0) then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRCS	k	Branch if Carry Set	if (C = 1) then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRCC	k	Branch if Carry Cleared	if (C = 0) then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRSH	k	Branch if Same or Higher	if (C = 0) then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRLO	k	Branch if Lower	if (C = 1) then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRMI	k	Branch if Minus	if (N = 1) then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRPL	k	Branch if Plus	if (N = 0) then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRGE	k	Branch if Greater or Equal, Signed	if (N $\oplus$ V = 0) then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRLT	k	Branch if Less Than Zero, Signed	if (N $\oplus$ V = 1) then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRHS	k	Branch if Half Carry Flag Set	if (H = 1) then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2
BRHC	k	Branch if Half Carry Flag Cleared	if (H = 0) then $PC \leftarrow PC + k + 1$	None	1/2

BRTS	k	Branch if T Flag Set	if (T = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRTC	k	Branch if T Flag Cleared	if (T = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRVS	k	Branch if Overflow Flag is Set	if (V = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRVC	k	Branch if Overflow Flag is Cleared	if (V = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
BRIE	k	Branch if Interrupt Enabled	if (I = 1) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
BRID	k	Branch if Interrupt Disabled	if (I = 0) then PC ← PC + k + 1	None	1/2
<b>BIT AND BIT-TEST INSTRUCTIONS</b>					
SBI	P,b	Set Bit in I/O Register	I/O(P,b) ← 1	None	2
CBI	P,b	Clear Bit in I/O Register	I/O(P,b) ← 0	None	2
LSL	Rd	Logical Shift Left	Rd(n+1) ← Rd(n), Rd(0) ← 0	Z,C,N,V	1
LSR	Rd	Logical Shift Right	Rd(n) ← Rd(n+1), Rd(7) ← 0	Z,C,N,V	1
ROL	Rd	Rotate Left Through Carry	Rd(0) ← C, Rd(n+1) ← Rd(n), C ← Rd(7)	Z,C,N,V	1
ROR	Rd	Rotate Right Through Carry	Rd(7) ← C, Rd(n) ← Rd(n+1), C ← Rd(0)	Z,C,N,V	1
ASR	Rd	Arithmetic Shift Right	Rd(n) ← Rd(n+1), n=0..6	Z,C,N,V	1
SWAP	Rd	Swap Nibbles	Rd(3..0) ← Rd(7..4), Rd(7..4) ← Rd(3..0)	None	1
BSET	s	Flag Set	SREG(s) ← 1	SREG(s)	1
BCLR	s	Flag Clear	SREG(s) ← 0	SREG(s)	1
BST	Rr, b	Bit Store from Register to T	T ← Rr(b)	T	1
BLD	Rd, b	Bit load from T to Register	Rd(b) ← T	None	1
SEC		Set Carry	C ← 1	C	1
CLC		Clear Carry	C ← 0	C	1
SEN		Set Negative Flag	N ← 1	N	1
CLN		Clear Negative Flag	N ← 0	N	1
SEZ		Set Zero Flag	Z ← 1	Z	1
CLZ		Clear Zero Flag	Z ← 0	Z	1
SEI		Global Interrupt Enable	I ← 1	I	1
CLI		Global Interrupt Disable	I ← 0	I	1
SES		Set Signed Test Flag	S ← 1	S	1
CLS		Clear Signed Test Flag	S ← 0	S	1
SEV		Set Twos Complement Overflow	V ← 1	V	1
CLV		Clear Twos Complement Overflow	V ← 0	V	1
SET		Set T in SREG	T ← 1	T	1
CLT		Clear T in SREG	T ← 0	T	1
SEH		Set Half Carry Flag in SREG	H ← 1	H	1
CLH		Clear Half Carry Flag in SREG	H ← 0	H	1
<b>DATA TRANSFER INSTRUCTIONS</b>					
MOV	Rd, Rr	Move Between Registers	Rd ← Rr	None	1
MOVW	Rd, Rr	Copy Register Word	Rd+1:Rd ← Rr+1:Rr	None	1
LDI	Rd, K	Load Immediate	Rd ← K	None	1
LD	Rd, X	Load Indirect	Rd ← (X)	None	2
LD	Rd, X+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (X), X ← X + 1	None	2
LD	Rd, -X	Load Indirect and Pre-Dec.	X ← X - 1, Rd ← (X)	None	2
LD	Rd, Y	Load Indirect	Rd ← (Y)	None	2
LD	Rd, Y+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Y), Y ← Y + 1	None	2
LD	Rd, -Y	Load Indirect and Pre-Dec.	Y ← Y - 1, Rd ← (Y)	None	2
LDD	Rd, Y+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Y + q)	None	2
LD	Rd, Z	Load Indirect	Rd ← (Z)	None	2
LD	Rd, Z+	Load Indirect and Post-Inc.	Rd ← (Z), Z ← Z+1	None	2
LD	Rd, -Z	Load Indirect and Pre-Dec.	Z ← Z - 1, Rd ← (Z)	None	2
LDD	Rd, Z+q	Load Indirect with Displacement	Rd ← (Z + q)	None	2
LDS	Rd, k	Load Direct from SRAM	Rd ← (k)	None	2
ST	X, Rr	Store Indirect	(X) ← Rr	None	2
ST	X+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(X) ← Rr, X ← X + 1	None	2
ST	-X, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	X ← X - 1, (X) ← Rr	None	2
ST	Y, Rr	Store Indirect	(Y) ← Rr	None	2
ST	Y+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Y) ← Rr, Y ← Y + 1	None	2
ST	-Y, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Y ← Y - 1, (Y) ← Rr	None	2
STD	Y+q, Rr	Store Indirect with Displacement	(Y + q) ← Rr	None	2
ST	Z, Rr	Store Indirect	(Z) ← Rr	None	2
ST	Z+, Rr	Store Indirect and Post-Inc.	(Z) ← Rr, Z ← Z + 1	None	2
ST	-Z, Rr	Store Indirect and Pre-Dec.	Z ← Z - 1, (Z) ← Rr	None	2
STD	Z+q, Rr	Store Indirect with Displacement	(Z + q) ← Rr	None	2
STS	k, Rr	Store Direct to SRAM	(k) ← Rr	None	2
LPM		Load Program Memory	R0 ← (Z)	None	3

LPM	Rd, Z	Load Program Memory	Rd ← (Z)	None	3
LPM	Rd, Z+	Load Program Memory and Post-Inc	Rd ← (Z), Z ← Z+1	None	3
SPM		Store Program Memory	(Z) ← R1:R0	None	-
IN	Rd, P	In Port	Rd ← P	None	1
OUT	P, Rr	Out Port	P ← Rr	None	1
PUSH	Rr	Push Register on Stack	STACK ← Rr	None	2

Mnemonics	Operands	Description	Operation	Flags	#Clocks
POP	Rd	Pop Register from Stack	Rd ← STACK	None	2
<b>MCU CONTROL INSTRUCTIONS</b>					
NOP		No Operation		None	1
SLEEP		Sleep	(see specific descr. for Sleep function)	None	1
WDR		Watchdog Reset	(see specific descr. for WDR/timer)	None	1
BREAK		Break	For On-chip Debug Only	None	N/A

## 6. Ordering Information

### 6.1 ATmega48PA

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code <sup>(2)</sup>	Package <sup>(1)</sup>	Operational Range
20 <sup>(3)</sup>	1.8 - 5.5	ATmega48PA-AU ATmega48PA-MMH <sup>(4)</sup> ATmega48PA-MU ATmega48PA-PU	32A 28M1 32M1-A 28P3	Industrial (-40°C to 85°C)

- Note:
1. This device can also be supplied in waferform. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
  2. Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.
  3. See "[Speed Grades](#)" on page 306.

NiPdAu Lead Finish.

Package Type	
<b>32A</b>	32-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
<b>28M1</b>	28-pad, 4 x 4 x 1.0 body, Lead Pitch 0.45 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
<b>32M1-A</b>	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
<b>28P3</b>	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

### 6.2 ATmega88PA

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code <sup>(2)</sup>	Package <sup>(1)</sup>	Operational Range
20 <sup>(3)</sup>	1.8 - 5.5	ATmega88PA-AU ATmega88PA-MMH <sup>(4)</sup> ATmega88PA-MU ATmega88PA-PU	32A 28M1 32M1-A 28P3	Industrial 1 (-40°C to 85°C)

Note: 1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for

Package Type	
<b>32A</b>	32-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
<b>28M1</b>	28-pad, 4 x 4 x 1.0 body, Lead Pitch 0.45 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
<b>32M1-A</b>	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
<b>28P3</b>	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

detailed ordering information and minimum quantities.

- Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.
- See ["Speed Grades" on page 306](#).
- NiPdAu Lead Finish.

### 6.3 ATmega168PA

Speed (MHz) <sup>(3)</sup>	Power Supply	Ordering Code <sup>(2)</sup>	Package <sup>(1)</sup>	Operational Range
20	1.8 - 5.5	ATmega168PA-AU ATmega168PA-MMH <sup>(4)</sup> ATmega168PA-MU ATmega168PA-PU	32A 28M1 32M1-A 28P3	Industrial (-40°C to 85°C)

Note: 1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.

- Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.
- See ["Speed Grades" on page 312](#).

NiPdAu Lead Finish.

Package Type	
<b>32A</b>	32-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
<b>28M1</b>	28-pad, 4 x 4 x 1.0 body, Lead Pitch 0.45 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
<b>32M1-A</b>	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)
<b>28P3</b>	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)

### 6.4 ATmega328P

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code <sup>(2)</sup>	Package <sup>(1)</sup>	Operational Range
20 <sup>(3)</sup>	1.8 - 5.5	ATmega328P- AU ATmega328P- MU ATmega328P-PU	32A 32M1-A 28P3	Industrial (-40°C to 85°C)

Note: 1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.

- Pb-free packaging complies to the European Directive for Restriction of Hazardous Substances (RoHS directive). Also Halide free and fully Green.

See [Figure 28-1 on page 316](#).

Package Type	
<b>32A</b>	32-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
<b>28P3</b>	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
<b>32M1-A</b>	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50 mm Quad Flat No-Lead/Micro Lead Frame Package (QFN/MLF)

**Disclaimer:** The information in this document is provided in connection with Atmel products. No license, express or implied, by estoppel or otherwise, to any intellectual property right is granted by this document or in connection with the sale of Atmel products. **EXCEPT AS SET FORTH IN ATMEL'S TERMS AND CONDITIONS OF SALE LOCATED ON ATMEL'S WEB SITE, ATMEL ASSUMES NO LIABILITY WHATSOEVER AND DISCLAIMS ANY EXPRESS, IMPLIED OR STATUTORY WARRANTY RELATING TO ITS PRODUCTS INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, THE IMPLIED WARRANTY OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, OR NON-INFRINGEMENT. IN NO EVENT SHALL ATMEL BE LIABLE FOR ANY DIRECT, INDIRECT, CONSEQUENTIAL, PUNITIVE, SPECIAL OR INCIDENTAL DAMAGES (INCLUDING, WITHOUT LIMITATION, DAMAGES FOR LOSS OF PROFITS, BUSINESS INTERRUPTION, OR LOSS OF INFORMATION) ARISING OUT OF THE USE OR INABILITY TO USE THIS DOCUMENT, EVEN IF ATMEL HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES.** Atmel makes no

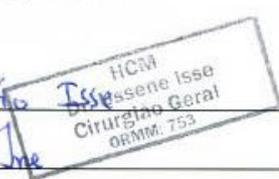
Representations or warranties with respect to the accuracy or completeness of the contents of this document and reserves the right to make changes to specifications and product descriptions at any time without notice. Atmel does not make any commitment to update the information contained herein. Unless specifically provided otherwise, Atmel products are not suitable for, and shall not be used in, automotive applications. Atmel's products are not intended, authorized, or warranted for use as components in applications intended to support or sustain life.

© 2009 Atmel Corporation. All rights reserved. Atmel®, Atmel logo and combinations thereof, AVR® and others are registered trademarks or trademarks of Atmel Corporation or its subsidiaries. Other terms and product names may be trademarks of others.

**Protocolo de consentimento informado - Entrevista**

Eu, USSENE HILÁRIO ISSE, aceito participar de livre vontade no estudo da autoria de Murilo Abel Ibraimo Mabunda (Estudante da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane), orientado pelo Engenheiro Edson Camilo Fortes e Engenheiro Nuno Guilherme, no âmbito do trabalho de licenciatura em Engenharia Electrónica. Foram-me explicados e compreendo os objectivos principais deste estudo. Entendi e aceitei responder a uma entrevista que explora questões sobre a área da saúde. Compreendo que a minha participação neste estudo é voluntária, podendo desistir a qualquer momento, sem que essa decisão se reflecta em qualquer prejuízo para mim. Ao participar neste trabalho, estou a colaborar para o desenvolvimento da investigação na área da saúde, não sendo, contudo, acordado qualquer benefício directo ou indirecto pela minha colaboração. Entendo, ainda, que toda a informação obtida neste estudo será estritamente confidencial e que a minha identidade nunca será revelada em qualquer relatório ou publicação, ou a qualquer pessoa não relacionada directamente com este estudo, a menos que eu o autorize por escrito.

Nome Ussene Hilário Isse  
Assinatura Ussene Isse



Data: 30 / 05 / 2022