

DOCUMENTAÇÃO PARA HOMOLOGAÇÃO

MEMORIAL DESCRITIVO

MEDIDOR DE VELOCIDADE DE VEÍCULOS AUTOMOTIVOS

DOCUMENTAÇÃO PARA APROVAÇÃO DE MODELO

Em conformidade com a portaria
INMETRO nº 115 de 29 de julho de 1998

Curitiba, 02 de Junho de 2010

IDENTIFICAÇÃO DO MODELO

EQUIPAMENTO: Medidor de Velocidade Estático para Veículos Automotivos

MARCA: Jenoptik-Robot GmbH

MODELO: Multaradar CD

FABRICANTE: Jenoptik-Robot GmbH - Alemanha

REQUERENTE: Perkons S.A.
R. Humberto de Alencar Castello Branco, 388 - Jardim Amélia –
CEP 83.330 200 – Pinhais – PR – Brasil.

Tel/Fax: (+55)-41-3544-3232
(+55)-41-3663-3232

Contato: Paulo Roberto Cemin
paulo.cemin@perkons.com
(+55) - 41- 3544-3246

SUMÁRIO

1	DESCRIÇÃO GERAL DO EQUIPAMENTO.....	6
2	DADOS TÉCNICOS.....	8
2.1	Unidade de Medição	8
2.2	Robot SmartCamera III unidade de processamento (MPU mobile).....	8
2.3	Câmera ROBOT SmartCamera III XC/XM 5.0 ou XC/XM 11	8
2.4	Unidade de Controle Manual ROBOT	8
2.5	Sensor de radar ROBOT RRS24F SD2/20	8
2.6	Gerador de flash ROBOT (para flash branco ou infravermelho)	9
3	PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO.....	10
3.1	Ângulo de alinhamento em relação ao eixo longitudinal da via.....	12
4	DETECÇÃO E TRATAMENTO DAS INFORMAÇÕES DE VELOCIDADE.....	13
4.1	Sensor de radar RRS24F SD2/20	13
4.1.1	<i>Hardware do Sensor de Radar RRS24F SD2/20</i>	<i>13</i>
4.2	Processo de medição.....	14
4.3	Meio físico onde estão armazenados os parâmetros metrológicos.....	17
5	PROCESSAMENTO E CONTROLE DAS INFORMAÇÕES.....	20
5.1	Tráfego em afastamento	20
5.2	Tráfego em aproximação	21
5.3	Medição a partir de um veículo em movimento.....	23
5.3.1	<i>Função Moving.....</i>	<i>23</i>
6	CAPTURE DE IMAGENS.....	24
6.1	Componentes do sistema.....	24
6.2	Unidade computacional.....	24
6.2.1	<i>Placa IPC CPU.....</i>	<i>25</i>
6.2.2	<i>Placa de interface.....</i>	<i>25</i>
6.2.3	<i>Display</i>	<i>25</i>
6.2.4	<i>Armazenamento</i>	<i>25</i>
6.3	Câmera	25
6.3.1	<i>Flash</i>	<i>26</i>
7	CAPTAÇÃO DAS INFORMAÇÕES ARMAZENADAS.....	28

8	DISPOSITIVOS OPERACIONAIS E DE COMANDO	29
8.1	Dispositivo de operação (HCU).....	29
8.2	Elementos de controle.....	29
8.3	Elementos do display	29
8.4	Interfaces do HCU.....	30
8.4.1	<i>USB 2.0</i>	30
8.4.2	<i>VGA</i>	30
8.4.3	<i>Potência</i>	30
8.5	Liga/Desliga	30
9	DISPOSITIVOS E FUNÇÕES ADICIONAIS.....	31
10	LIMITAÇÕES E RESTRIÇÕES DO INSTRUMENTO	34
11	PRINCIPAIS CAUSAS DE ERRO	34
12	PROCEDIMENTOS DE TESTE.....	35
12.1	Objetivo	35
12.2	Critérios.....	35
12.3	Teste de radar front-end.....	35
12.3.1	<i>Frequência fundamental</i>	36
12.3.2	<i>Ângulo e largura do feixe principal, atenuação dos lóbulos laterais</i>	36
12.3.3	<i>Avaliação de resultados</i>	40
12.4	Teste de qualidade de medição de velocidade	40
12.4.1	<i>Gerador interno de sinal</i>	40
12.4.2	<i>Teste de rua</i>	41
12.4.3	<i>Verificação por terceiros</i>	41
12.4.4	<i>Avaliação</i>	41
13	ANEXO.....	42
13.1	Velocidade simulada versus frequência	42

1 DESCRIÇÃO GERAL DO EQUIPAMENTO

O MultaRadar CD é um instrumento de medição da velocidade de deslocamento de veículos automotivos, com princípio de funcionamento baseado no efeito Doppler. O equipamento é composto pelas seguintes partes:

- Robot SmartCamera III mobile, especificamente projetada para uso em espaços abertos, a prova de poeira, com caixa a prova d'água e com proteção classe IP 54;
- O mais novo sensor de radar Robot RRS24F SD2/20, que, além da velocidade, também permite detectar automaticamente a faixa de rolamento;
- Unidade de controle manual Robot (Hand Control Unit - HCU) com display de controle e observação da imagem.

A Figura 1 apresenta a vista geral do equipamento.

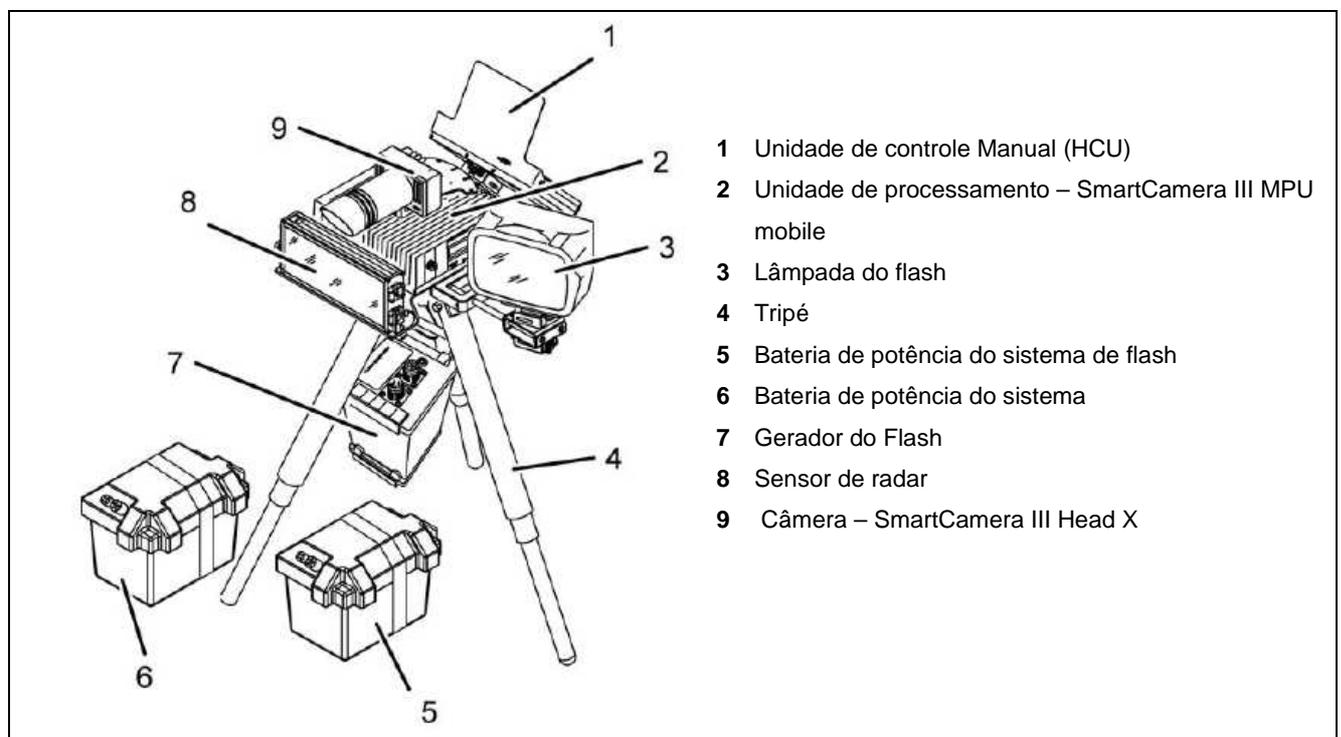


Figura 1 - Instrumento para Medição de Velocidade de Deslocamento de Veículos Automotivos

As câmeras Robot SmartCamera III XM11/XC11 e Robot SmartCamera III XM5.0/XC5.0 são as mais avançadas câmeras Robot com altíssima resolução. A câmera Robot com uma faixa dinâmica de 14 bits tem maior sensibilidade luminosa e escala de cinza melhor que a câmera com 12 bits de faixa dinâmica. Esta câmera digital sem cooler, extremamente compacta e de alta resolução foi projetada para uso nas mais diversas condições atmosféricas. Seu principal componente é o avançado sensor CCD de 5.0 ou 11 megapixels, disponível para fotos monocromáticas (XM5.0/XM11) ou fotos coloridas (XC5.0/XC11). A câmera se destaca pelos seus extraordinários resultados quando monitora interseções de várias faixas de tráfego. Para processar as imagens dos veículos infratores, todas as câmeras Robot SmartCamera III requerem uma unidade computacional especial, a Robot SmartCamera III MPU mobile. Assim como a câmera, esta unidade computacional industrialmente produzida, sem cooler, foi especificamente projetada para trabalhar em espaços abertos.

Em poucos minutos os componentes do sistema podem ser montados sobre um tripé compondo uma unidade compacta. Devido a facilidade de montagem, o sistema móvel pode ser utilizado em um veículo, instalando-o na frente ou atrás do banco dianteiro do passageiro.

O flash eletrônico Robot está projetado para proporcionar eficiência ao sistema na operação noturna, fornecendo iluminação necessária para o reconhecimento da placa e do motorista, se necessário. A unidade de controle manual e o display orientam facilmente como proceder neste caso.

A imagem do veículo infrator pode ser facilmente reproduzida e exibida na tela. A infração é armazenada automaticamente num arquivo juntamente com os dados da foto. Os dados típicos do incidente podem ser: tempo, data, velocidade, direção de tráfego, faixa de rolamento, local ou número de foto. Todos os arquivos importantes podem ser transferidos para um meio de armazenamento adequado via USB.

2 DADOS TÉCNICOS

2.1 Unidade de Medição

Faixa de temperatura	-10°C a 60°C
Alimentação	12V DC / 2,5 A (sem flash)
Peso total	Aprox. 16 kg
Proteção IP	IP 54

2.2 Robot SmartCamera III unidade de processamento (MPU mobile)

Interfaces	Sensor, flash, Câmera, Fire wire / IEEE 1394, USB, LAN
-------------------	--

2.3 Câmera ROBOT SmartCamera III XC/XM 5.0 ou XC/XM 11

Sensor	CCD, colorido ou monocromático
Faixa Dinâmica	14 bits
Resolução	5.0 Megapixel (2456x2058) ou 11 Megapixel (4008x2672)
Obturador	Eletrônico, 1/50 s a 1/10000 s
Montagem da lente	Robot
Interface de dados	Firewire / IEEE1394
Lentes	5 Mp: Xenoplan 1,4 – 17, 23, 35mm 11 Mp: Digital 3.8/80 mm 120 mm

2.4 Unidade de Controle Manual ROBOT

Display	6.5" digital TFT LCD
Teclado	8 teclas
Portas utilizáveis	2 x USB

2.5 Sensor de radar ROBOT RRS24F SD2/20

Frequência	24.1 GHz
Faixa de velocidade	20 km/h a 250 km/h
Limite de tolerância em serviço	Até 100 km/h \pm 3 km/h Acima de 100 km/h \pm 3%
Exatidão da medição, condições de ensaio em laboratório	Até 100 km/h \pm 1 km/h Acima de 100 km/h \pm 1%

2.6 Gerador de flash ROBOT (para flash branco ou infravermelho)

Intensidade de flash	150 W (flash branco)
Intensidade de flash	300 W (flash infravermelho)
Duração do flash	1/1000 s (valor de meio período)
Taxa de disparo	0,5s flash branco e 0,7s flash infravermelho
Alcance	45 m
Ângulo de iluminação	Aprox. 30°

3 PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO

Após a inicialização do sensor, o usuário ajusta o sistema para o modo de medição, utilizando a unidade de controle manual (HCU – Figura 2 e Figura 3).

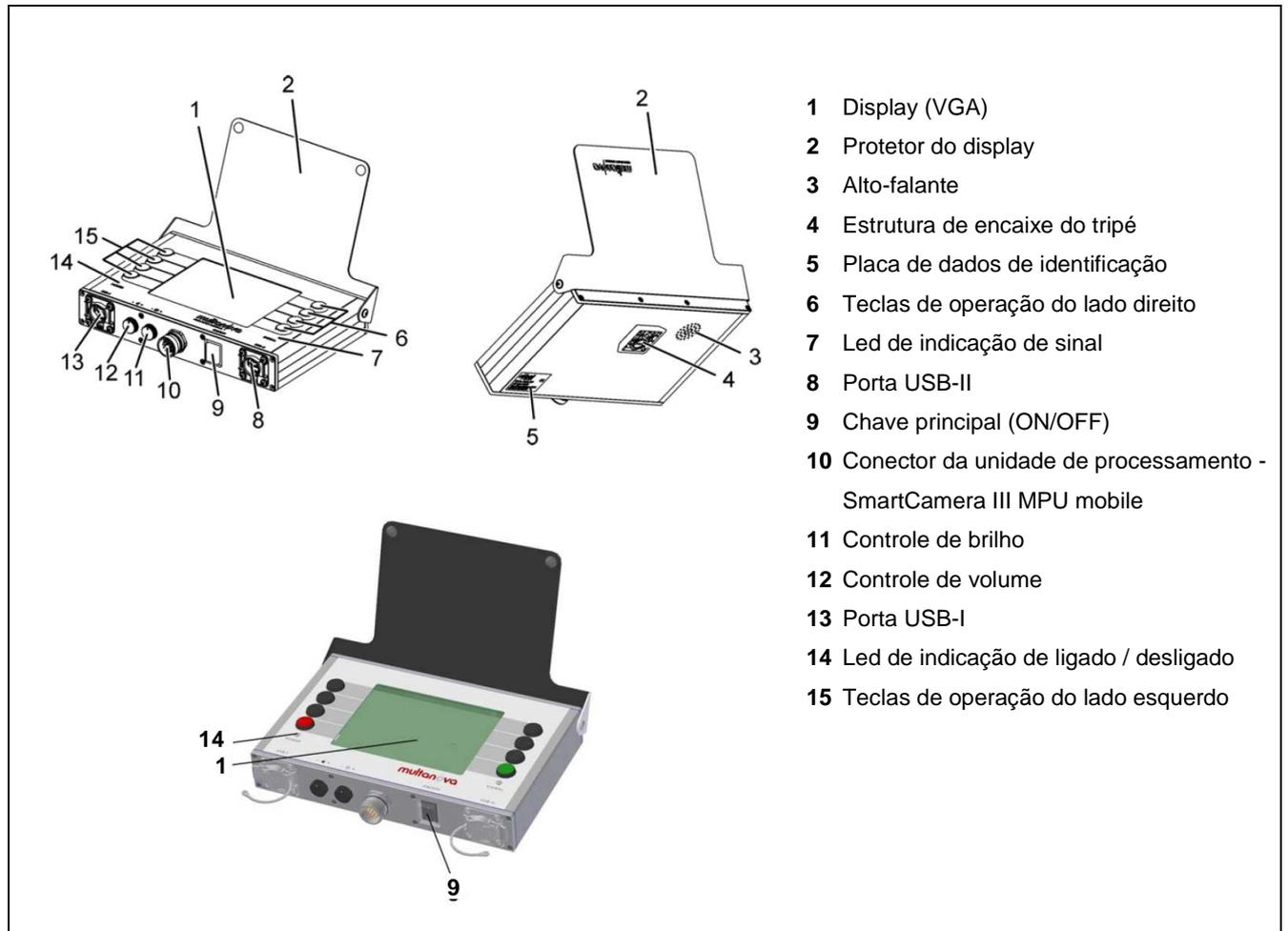


Figura 2 – Unidade de Controle Manual (HCU)

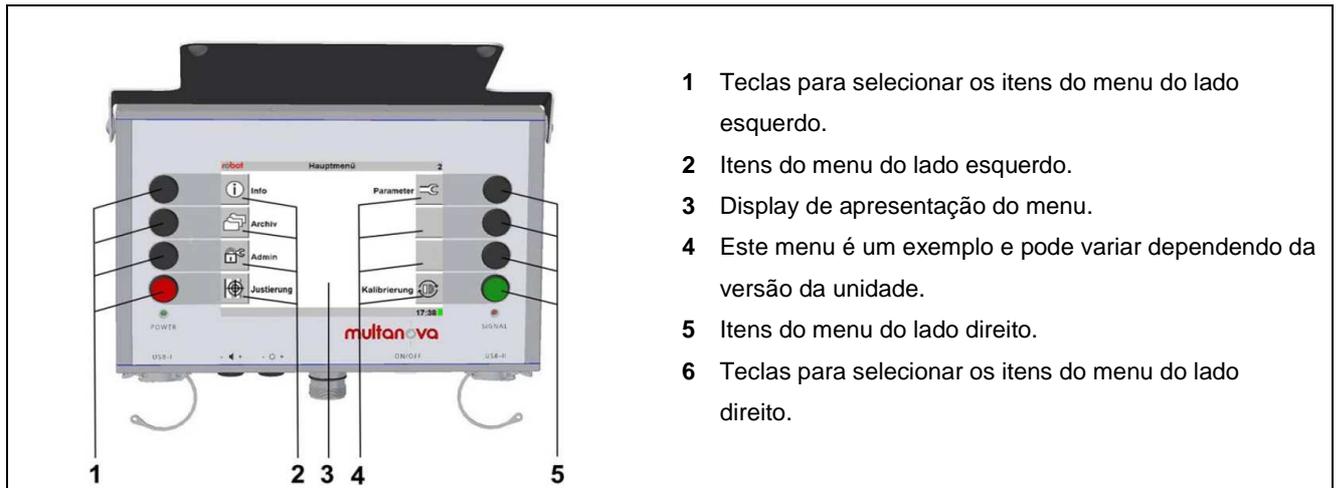


Figura 3 - Teclas, Chaves, Interruptores e suas respectivas funções

O sensor de radar RRS24F SD2/20 transmite um sinal modulado por chaveamento de frequência (FSK), com valores entre 24,1 GHz a 24,1 GHz + 7,5 MHz. Utilizar três frequências com pequena diferença de valor e chaveadas ciclicamente com um padrão regular, permite determinar a via de circulação do veículo, que é especialmente importante caso exista mais de um veículo visível em uma imagem de registro de delito. Além disso, a abertura da janela escolhida por *default* evita efeitos de reflexão indesejados.

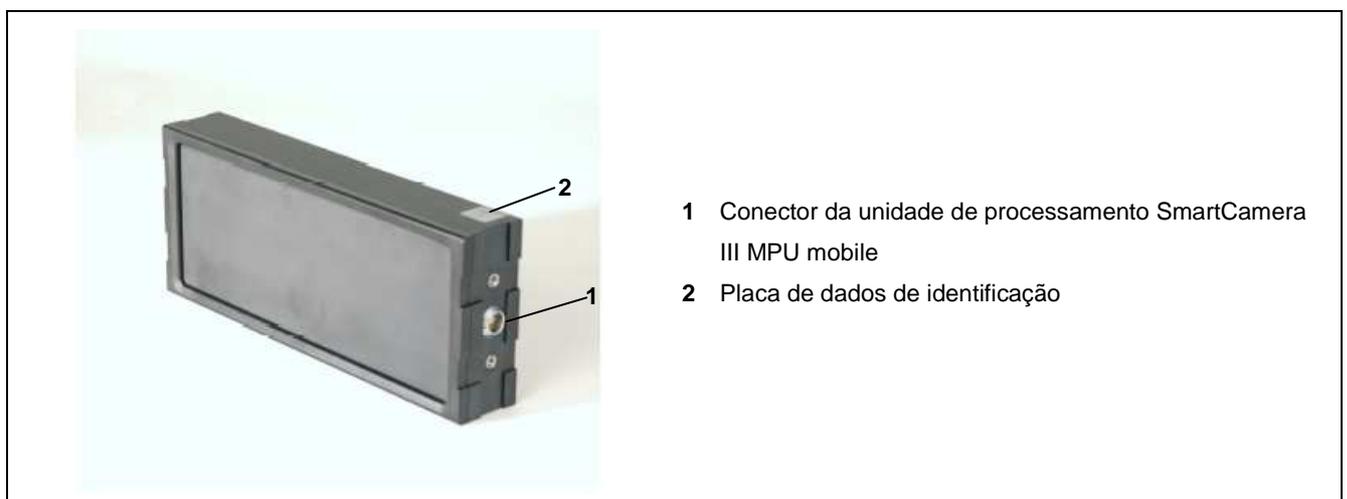


Figura 4 - Sensor de Radar RRS24F SD2/20

Os dados medidos são transferidos para unidade de controle via interface serial RS-422, utilizando o protocolo Robot Universal Standard Protocol (RUSP).

3.1 Ângulo de alinhamento em relação ao eixo longitudinal da via

O equipamento completo posiciona-se de maneira perfeitamente paralela à via. A antena do sensor de radar emite o feixe com um ângulo de 20° (ângulo fixo) em relação ao eixo longitudinal da via (Figura 5).

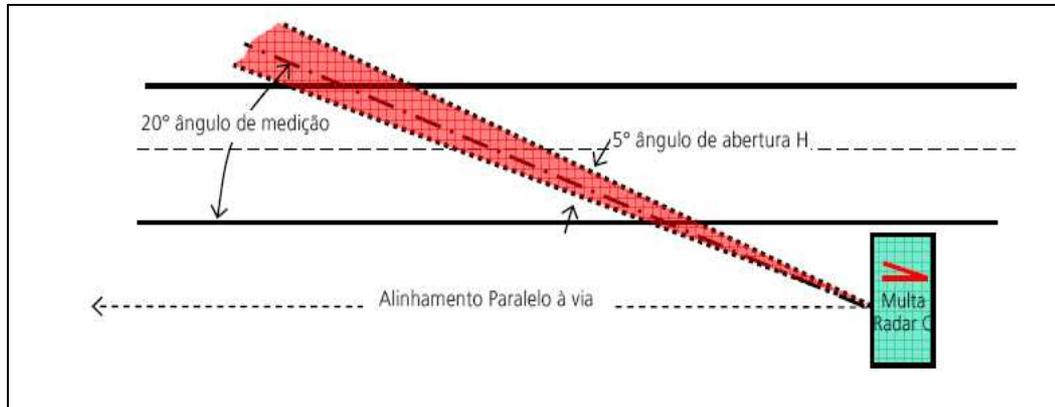


Figura 5 - Posicionamento do Radar e da Antena em relação ao Eixo Longitudinal da Via

4 DETECÇÃO E TRATAMENTO DAS INFORMAÇÕES DE VELOCIDADE

4.1 Sensor de radar RRS24F SD2/20

O RRS24F SD2/20 é um sensor de radar Doppler autônomo, projetado para monitorar velocidade e identificar a faixa de rolamento na qual o veículo está circulando. A antena de microondas opera em modo contínuo (Continuous Wave – CW). Ambas saídas do mixer (componentes de fase e quadratura) são continuamente interpretadas para determinar a velocidade e a direção do veículo. Para determinar a distância, a frequência de transmissão do sensor do radar é variada em passos (Frequency Shift Keying – FSK). A análise da diferença de fase da recepção do sinal permite que se determine a distância do ponto de reflexão.

4.1.1 Hardware do Sensor de Radar RRS24F SD2/20

A seção de análise e a interface RUSP do sensor de radar RRS24F SD2/20 estão montadas numa única placa de circuito que reflete o estado da arte em tecnologia SMD. Um sinal (opcionalmente sinal da antena ou sinal de teste gerado internamente/externamente) é introduzido no DSP e analisado após a digitalização. O monitor de hardware verifica as tensões dos componentes individuais e a temperatura interna do sensor. O sinal da antena pode ser transmitido em forma analógica para análise externa. O DSP transmite o resultado da análise do sinal para Unidade de Processamento (MPU), através da interface RUSP.

Os componentes do hardware são:

- Digital Signal Processor (DSP);
- Fonte de alimentação: 5 fontes de alimentação são requeridas para a operação dos vários componentes;
- Multiplexor analógico de sinal: Utilizado para selecionar as duas possíveis fontes (antena e gerador interno);
- Filtro passa-faixa e amplificador: antes dos sinais serem introduzidos no conversor A/D devem ser amplificados e limitados na sua banda passante;
- Conversor Analógico-Digital (CAD): converte os dados analógicos do radar;
- Conversor Digital-Analógico (CDA): para determinar a distância usando FSK, a frequência de transmissão do radar deve ser variada. O sensor de radar contém um oscilador controlado de tensão que permite que a frequência varie. Um CDA é utilizado para definir o controle de tensão;
- Sinal de teste interno: o sinal de teste interno é utilizado para calibração e para o autoteste do sensor de radar;
- Watchdog externo;
- Monitor de hardware: o monitor de hardware verifica várias tensões de operação e a temperatura interna do sensor de radar;
- Memória RAM externa;
- Memória não volátil FRAM;
- Transceptor RUSP: o transceptor RUSP permite a comunicação entre o sensor e as unidades externas.

4.2 Processo de medição

Nesta seção o processo de medição será explicado utilizando a máquina de estado para o modo de medição (Figura 6) e um diagrama do procedimento (Figura 7).

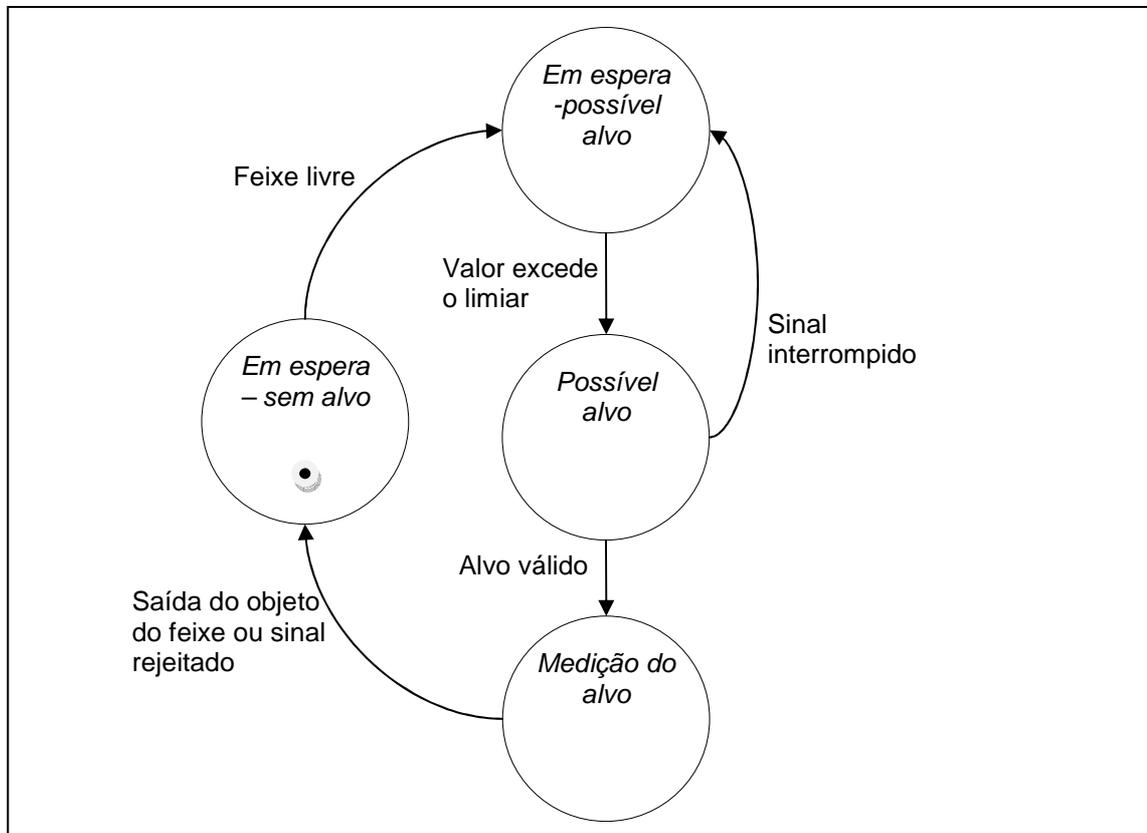


Figura 6 - Diagrama da Máquina de Estados para Detecção de Velocidade

A máquina possui quatro estados:

a) Em espera - Sem alvo (estado inicial)

A função deste estado é assegurar que todos os veículos deixaram a região de medição e garantir o estado inicial. A máquina de estado permanece neste estado até o tempo t (estabelecido pela velocidade pré-determinada e pela distância de saída definida) ser excedido, sendo que não há nenhum veículo na região de medição movendo-se na direção monitorada de tráfego.

b) Em espera - Possível alvo

Para identificar o veículo alvo, o espectro de frequência é verificado para determinar se alguma amplitude excede um limiar definido (selecionável através do comando RANGE). Caso a amplitude exceda o limiar, a máquina altera para o próximo estado (Possível alvo).

c) Possível alvo

A função deste estado é assegurar a identificação confiável de veículos que entraram no feixe. Dependendo da velocidade de aproximação do objeto, a máquina permanece neste estado por um tempo determinado, antes de alterar para o estado de Medição do alvo (distância de entrada). Se o sinal retorna para um valor inferior ao do limiar durante o tempo de entrada, a máquina automaticamente retorna ao estado de Em espera – sem alvo. Se o objeto está realmente se acercando, uma mensagem RDEST com a velocidade estimada é emitida para mudar para o estado de Medição do alvo.

d) Medição do alvo:

Neste estado os valores medidos são coletados e colocados num histograma até o veículo sair do feixe ou até ser alcançado o comprimento máximo do veículo (tráfego pesado). Quando a saída do veículo do feixe é identificada (o tempo depende da velocidade do veículo sem exceder o valor limiar), o histograma é analisado para determinar a média do histograma. Os valores coletados enquanto o veículo atravessa o feixe são verificados. Se algum erro acontece durante a medição, a mesma é anulada. Se os valores medidos estão dentro de limites de tolerância, o valor da medição é transmitido para MPU via interface serial. Em ambos os casos a máquina de estado retorna ao estado de Em espera – sem alvo para permitir que o tráfego que circula no sentido contrário saia do feixe.

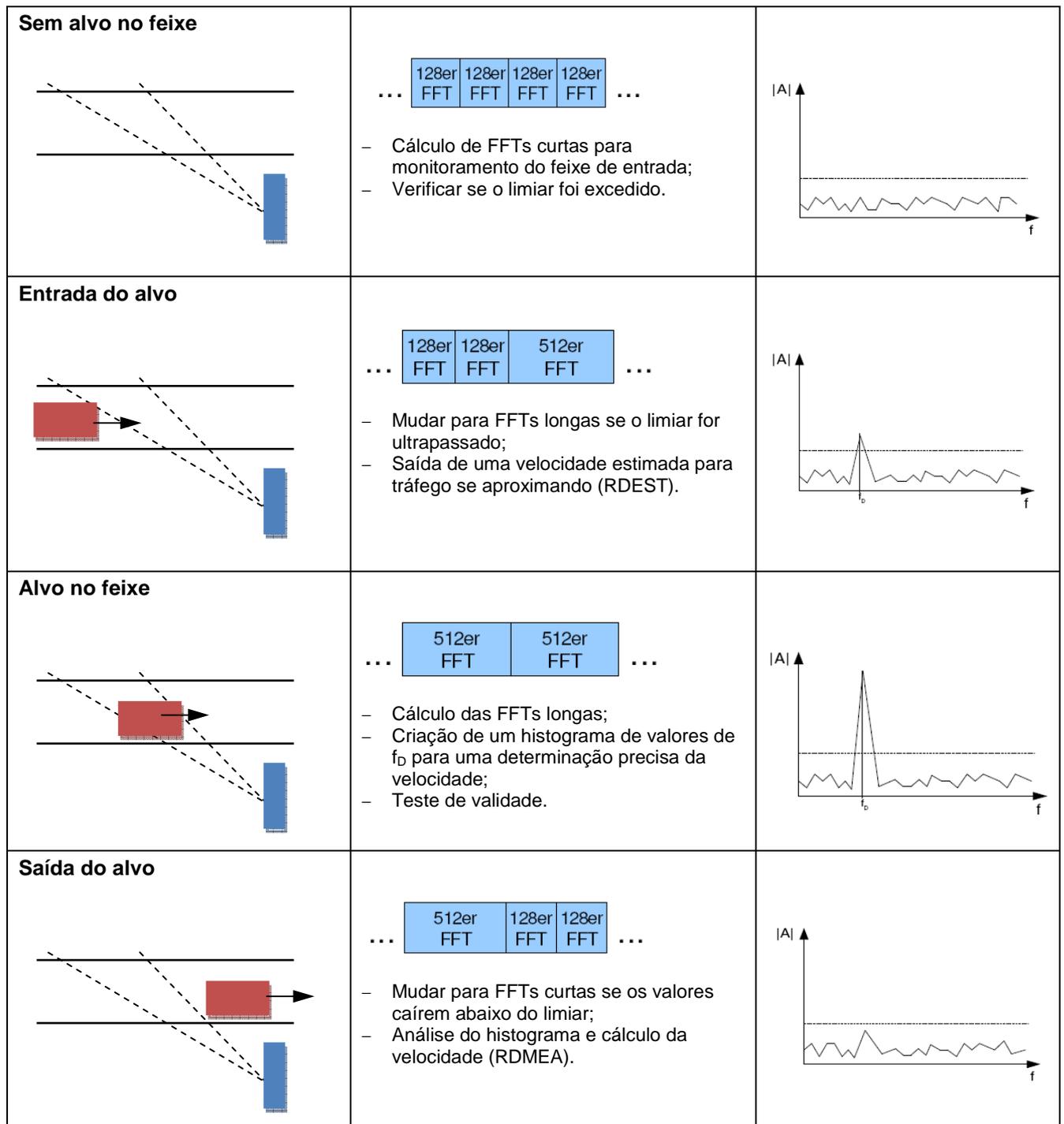


Figura 7 - Método de Detecção de Velocidade

4.3 Meio físico onde estão armazenados os parâmetros metrológicos

A MPU (Figura 8) é o componente central do sistema de medição e tem a função de processar as seguintes tarefas:

- Análise dos dados de medição do sensor de radar;
- Decisão de desencadear uma ocorrência;
- Criação da infração pela coleta de dados e da imagem;
- Armazenamento dos dados da infração;
- Gerenciamento da configuração do dispositivo;
- Interface de usuário gráfica (GUI) para operação e controle do sistema.

A unidade de controle está baseada num Personal Computer (PC) industrial. O sistema operacional utilizado é Linux OS, personalizado para os requerimentos do sistema de medição. Os processos que envolvem a gravação de ocorrências e seus canais de comunicação são mostrados na Figura 9.

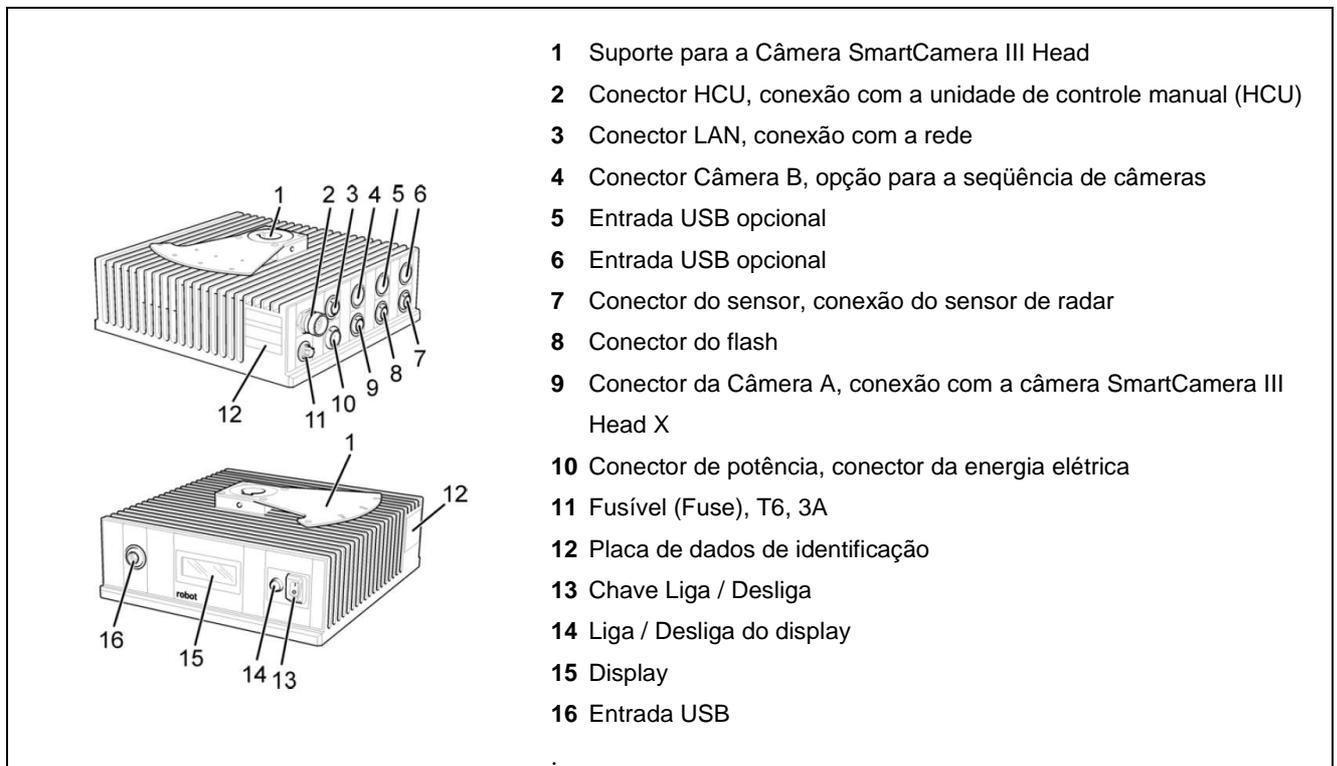


Figura 8 - Unidade de Processamento – SmartCamera III MPU mobile

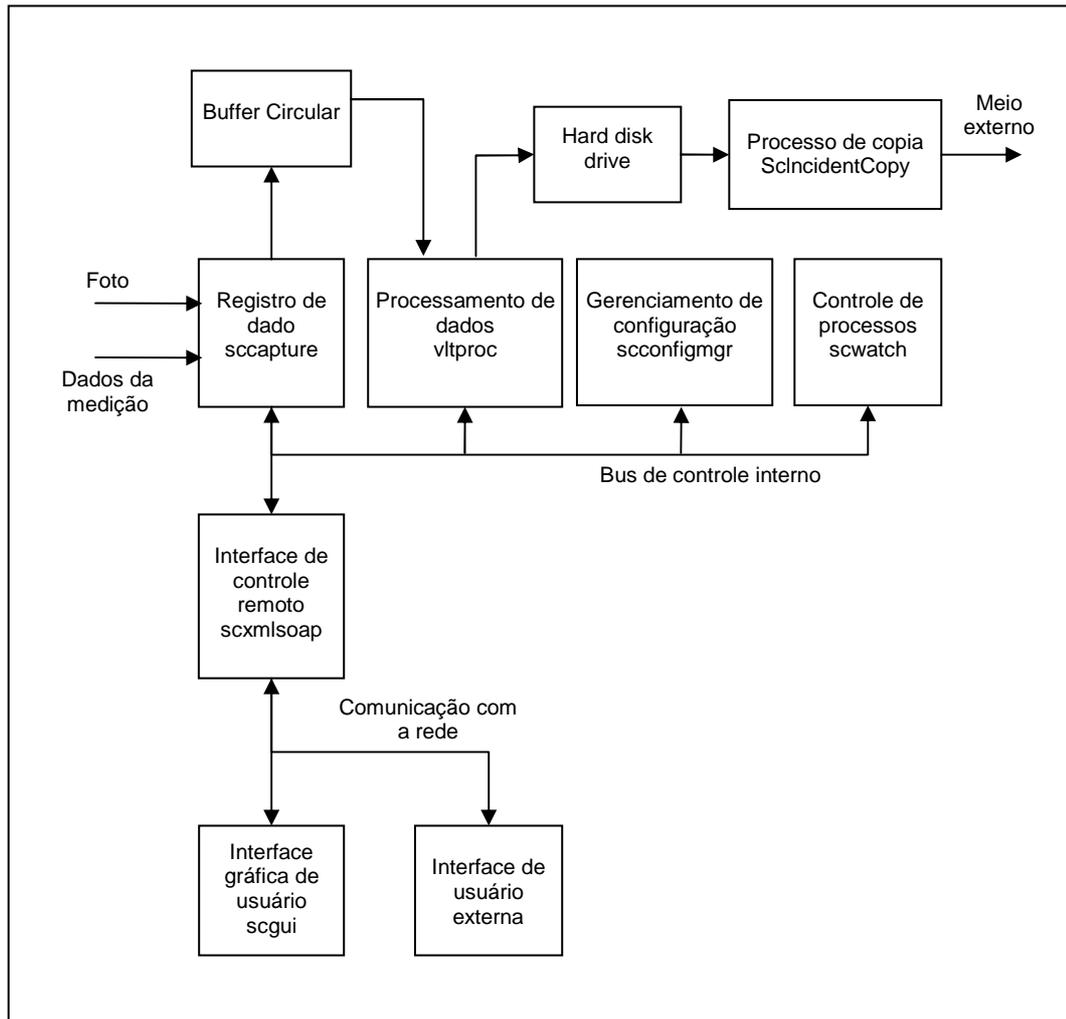


Figura 9 - Processos que envolvem a Gravação de Ocorrências e seus Canais de Comunicação

O registro de dados (sccapture) gera (com determinados dados e imagens) uma ocorrência com os dados captados e os transmite para um Buffer Circular com memória de rápido processamento.

O processador de dados capta os dados do Buffer Circular e os transmite para as seguintes etapas de processamento:

- Conversão de cores (matriz Bayer com sensor digital de imagem colorido (CCD));
- Rotação de imagem;
- Compressão de imagem;
- Script display.

As ocorrências são armazenadas no hard disk em arquivos com formato BIF ou JPEG.

O gerenciador de configuração (sconfigmanager) é responsável pelo gerenciamento da configuração do sistema. Existem dois tipos diferentes de parâmetros:

- Parâmetros fixos (colocados durante a fabricação do sistema);
- Parâmetros variáveis do sistema (podem ser modificados pelo usuário).

Todos os blocos para a operação do sistema de medição são monitorados pelo controle de processo. Se um dos blocos não está funcionando corretamente, o sistema é automaticamente desligado e posteriormente religado.

A tarefa scgui é responsável pela apresentação da informação no display e a interação com o usuário através do teclado de 8 teclas. A interface gráfica do usuário está ligada internamente via interface de controle remoto com o núcleo real do sistema de medição. O ícone presente no display ao lado de cada tecla permite identificar suas respectivas funções. O sistema pode ser controlado por controle remoto através da interface SCXMLSOAP. Os comandos são transferidos em formato texto (XML-SOAP) através de uma conexão de rede (HTTP ou TCP/IP).

5 PROCESSAMENTO E CONTROLE DAS INFORMAÇÕES

As seções e posições importantes para a seqüência de medição durante a passagem de um veículo através do feixe de radar são mostradas na Figura 10.

A frente do veículo a ser medido (em aproximação ou afastamento) entra no feixe de radar na posição 1. A partir desse momento, a antena de radar apresenta um sinal Doppler contínuo à unidade de controle interna. Esta unidade de processamento digital requer um sinal Doppler contínuo com uma largura determinada antes de "saber" que um veículo está no feixe de radar.

O atual ciclo de medição começa apenas quando a frente do veículo já cobriu certa distância dentro do feixe do radar (ex. até a posição 2). Se o sistema estiver programado exclusivamente para medida de tráfego em afastamento os sinais Doppler somente são considerados pelo processador digital para os veículos que se movimentam nessa direção. Conseqüentemente, o veículo detectado, neste caso, pertence ao tráfego em afastamento. Se o sistema estiver programado exclusivamente para medida de tráfego em aproximação, o veículo detectado pertence ao tráfego em aproximação.

No caso do sistema detectar ambas as direções de tráfego (operação bidirecional), a direção de movimento do veículo é determinada imediatamente após o início do ciclo de medida. Se pertencer ao tráfego em afastamento, no resto da medição apenas são introduzidos no processador digital sinais do tráfego em afastamento. De igual modo, se o veículo detectado pertencer ao tráfego em aproximação, o processador digital apenas receberá sinais do tráfego em aproximação durante o resto da medição. Esta separação das duas direções de movimento é extremamente importante para a subsequente avaliação dos registros fotográficos.

Se um veículo for detectado numa dada direção, é garantido assim que veículos a transitar na outra direção não poderão ter uma influência falsificadora no resultado durante o resto da medição. O cancelamento do valor medido (ex.: por cobertura de outro veículo no sentido de tráfego oposto) é possível, mas a falsificação não.

5.1 Tráfego em afastamento

O processador digital realiza uma avaliação contínua da freqüência do sinal Doppler no que diz respeito ao seu caráter constante. A freqüência Doppler tem de satisfazer um critério rigoroso de uniformidade durante um espaço de aproximadamente 25 cm. Ao detectar um espaço uniforme deste tipo durante uma primeira seção de 2 m (a frente do veículo entre as posições 2 e 4) a freqüência Doppler é calculada ao longo do espaço constante (aproximadamente 25 cm) e convertida num valor de velocidade em km/h.

Se na primeira seção de 2m não aparecer um espaço completo do sinal Doppler (aprox. 25 cm) com comprimento e constância suficientes, a medida corrente é cancelada. Se a primeira parte da medida for bem sucedida, o valor determinado é verificado na seção seguinte. Deve ser então determinado se o valor da freqüência do sinal Doppler durante o restante curso da medição corresponde realmente ao valor anteriormente determinado ou se há algumas diferenças significativas com uma duração prolongada.

O principal objetivo desta verificação é determinar se o veículo medido se move sozinho através do feixe de radar ou se existem outros veículos com velocidades distintas na sua vizinhança imediata, uma vez que a atribuição segura do valor medido é apenas possível quando o veículo medido estiver somente dentro do feixe de radar ao longo de uma determinada distância.

É considerada uma tolerância de $\pm 3\%$ relativa ao valor medido determinado na primeira parte da medição, para realizar a verificação descrita. A frequência do sinal Doppler apenas pode diferir durante pequenos intervalos $\pm 3\%$ do valor medido ao longo de uma seção de 1m depois da determinação do valor da velocidade (no final da primeira parte). Desvios acima de 3% que ocorram durante mais de 1 m podem ser seguramente atribuídos à presença de outro veículo (com velocidade diferente) e resultar num cancelamento da medição.

Na Figura 10, a verificação ocorre na seção entre as posições 3 e 5, uma vez que a determinação da velocidade terminou quando a frente do veículo estava na posição 3. Se a fase de verificação terminou com sucesso, é garantido que o valor de velocidade medido pode ser atribuído ao veículo especificado na fotografia.

Na fase seguinte da seqüência de medida há uma espera até o veículo medido sair do feixe de radar. Apenas há possibilidade de tirar uma fotografia assim que a placa de matrícula do veículo for visível. Depois de completa a verificação, já está garantido que a distância entre o veículo medido e o próximo veículo é suficientemente grande, para garantir a validade do valor medido. Isto quer dizer que:

A máquina fotográfica é normalmente atuada depois do veículo ter saído do feixe de radar e a sua traseira estar na posição 7 (o processador digital necessita da distância entre as posições 6 e 7 para determinar a saída do feixe). Mesmo se não foi feita fotografia devido ao limite de velocidade não ter sido ultrapassado, ou a verificação não ter terminado com sucesso, uma ausência de sinal correspondente a uma distância de 0.5 m é aguardada antes de se iniciar a medição seguinte. Uma vez que o comprimento total dos veículos medidos é determinado, para o tráfego em afastamento, antes da máquina fotográfica ser acionada, veículos longos podem ser detectados separadamente ajustando limites de velocidade aplicáveis unicamente a veículos longos.

5.2 Tráfego em aproximação

As considerações feitas no item anterior (5.1 - Tráfego em afastamento), também são aplicáveis ao tráfego em aproximação, com as seguintes exceções. Assim que a determinação de um valor de velocidade admissível, entre as posições frontais 2 e 4, por exemplo, na posição frontal 3, for completada e se verifique que o veículo medido deva ser fotografado, a máquina fotográfica deve ser imediatamente acionada. Não pode decorrer mais tempo senão a placa de matrícula deixaria de aparecer na fotografia. Uma vez que a máquina fotográfica é acionada antes de se concluir o ciclo de medida, há um intervalo de tempo para o registro dos dados correspondentes até que o veículo abandone o feixe.

Se a fase de verificação (entre as posições frontais 3 e 5) terminar com sucesso, o valor medido pode ser registrado, quando o veículo abandonar o feixe. Se um segundo veículo aparecer durante a fase de verificação, de modo que o valor medido fique duvidoso, o sinal de cancelamento (- - -) aparece na fotografia em vez do valor da velocidade.

Este radar permite determinar a faixa de rolamento em que o carro está circulando no momento da medição.

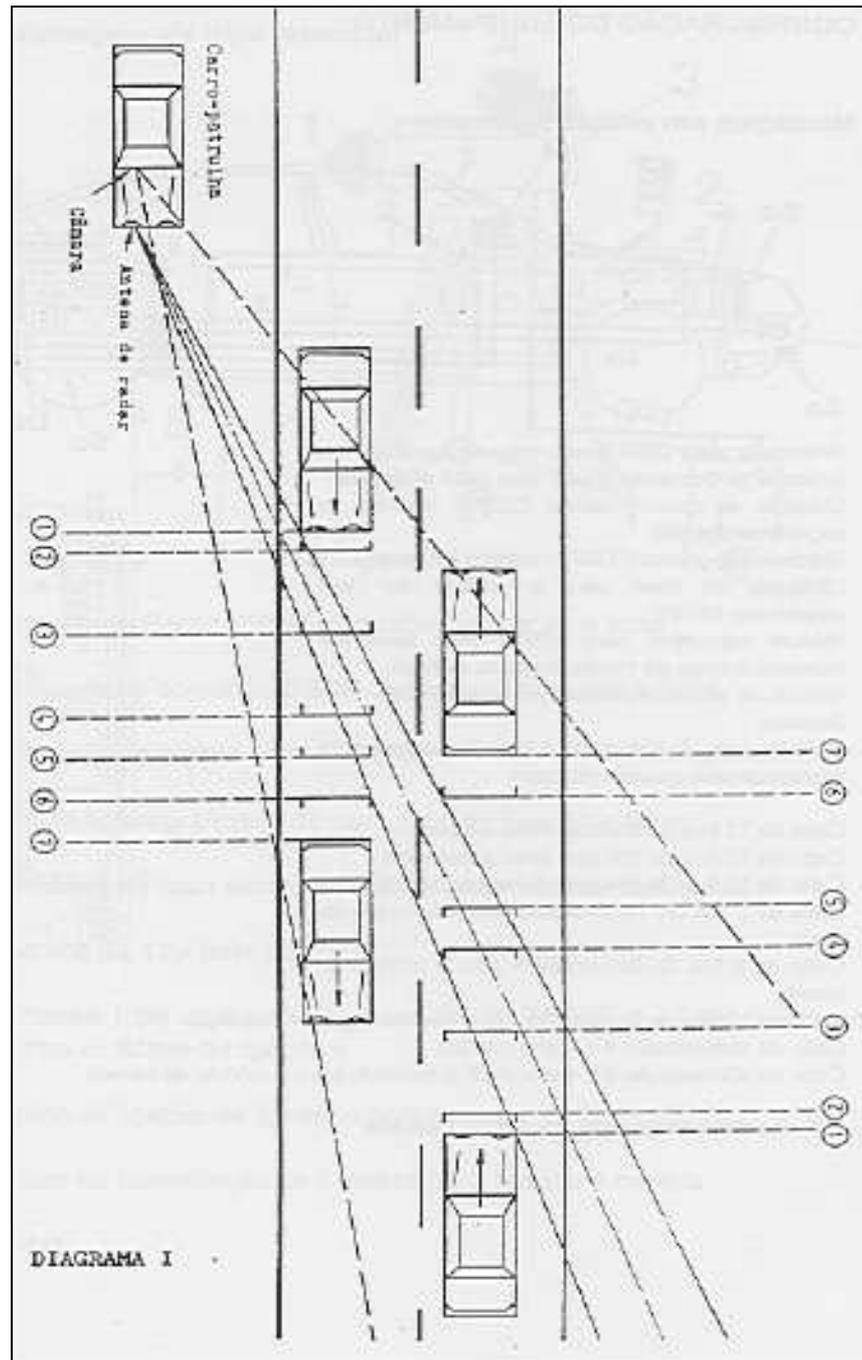


Figura 10 - Determinação da Velocidade para Veículos e Afastamento e Aproximação

5.3 Medição a partir de um veículo em movimento

O TachoBox (Figura 11) aumenta as possibilidades de aplicação do MultaRadar CD. Quando utilizado em conjunto com o MultaRadar CD, as medições podem ser realizadas num veículo (viatura) em movimento (função *moving*). Para este propósito o MultaRadar CD deve ser instalado num veículo apropriado.

Na operação em movimento a medição será efetuada somente para os veículos que circulam no mesmo sentido da viatura e a esquerda da mesma. Aqueles carros que estiverem trafegando no sentido contrário não poderão ser medidos.

A medição ocorre quando os veículos estão com velocidade no mínimo 20 km/h maior que a velocidade do veículo medidor (viatura). O local de instalação do sensor (na parte dianteira ou na parte traseira da viatura) define se a medição será realizada no tráfego em afastamento ou em aproximação. Quando o sensor estiver instalado na parte traseira do veículo, o radar medirá veículos em aproximação; e quando estiver instalado na parte dianteira da viatura, medirá veículos em afastamento. A velocidade da viatura é gerada pelos pulsos do velocímetro e transmitida pelo TachoBox ao MultaRadar CD, quando ocorre a infração. O radar gera a velocidade do veículo medido considerando os dados do sensor de radar e a velocidade da viatura.

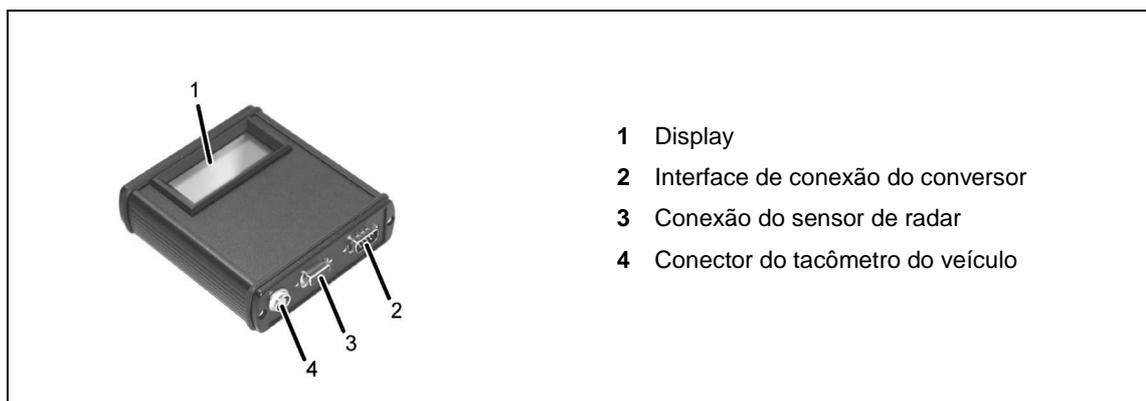


Figura 11 – TachoBox

5.3.1 Função Moving

O equipamento MultaRadar CD admite uma versão de software (função *moving*) que permite ao mesmo realizar medições estando em movimento (MultaRadar CM). Neste caso, o equipamento não mede distância devido a viatura (ponto de referência) estar em movimento.

No modo *moving*, a viatura desloca-se na mão direita (na mão esquerda em países RHD) no mínimo 20 km/h a menos que o limite de velocidade de infração, permitindo medir a velocidade dos veículos que a ultrapassam. A velocidade do veículo infrator é calculada da seguinte forma:

- Velocidade Carro (C) = 50 km/h (em relação à viatura);
- Velocidade Radar (R) = 60 km/h (viatura);
- Velocidade Medida (M) = C+ R = 110 km/h.

Se o valor M excede o limite de velocidade, o veículo infrator é fotografado e todos os dados relevantes para uma evidência são anexados na imagem.

6 CAPTURA DE IMAGENS

6.1 Componentes do sistema

A SmartCamera III está composta por três componentes:

- Câmera compacta;
- Unidade computacional;
- Unidade de controle HCU.

6.2 Unidade computacional

A unidade computacional é composta por uma placa de PC (baseado em Intel Pentium) em formato Mini IPX e uma placa de interface. A placa de PC realiza todas as funções necessárias para a operação da câmera. Isto inclui:

- Disparo da foto por requerimento;
- Fusão dos dados fotográficos e da ocorrência;
- Armazenamento de fotos e dados;
- Criptografia.

A placa de interface provê uma faixa de funções que são necessárias para operar o PC como instrumento de medição (ex. desligamento por alta ou baixa temperatura). A unidade computacional utiliza uma série de interfaces para se comunicar com os outros componentes do sistema de medição. Os componentes relevante para a operação do sistema são: a câmera, o sensor e a HCU (Hand Control Unit: Unidade de Controle Manual).

As seguintes interfaces estão disponíveis na Unidade Computacional da SmartCamera III:

- interfaces USB 2.0 para uso dos elementos operacionais e para mídia de armazenamento;
- Uma interface Ethernet 10/100;
- Uma saída VGA;
- Uma porta RS232 COM;
- Uma entrada para fonte de alimentação e controle remoto;
- Duas interfaces Fire Wire (IEEE 1394);
- Um sistema de interfaces com:
 - Interface RS232/422 para conectar o sensor (radar, IPV, ISK,...),
 - Interface RS232/422 para conectar à caixa de controle TraffiNet,
 - Controle de sinais de hardware: Disparo (Trigger), Flash 1, Flash 2, Ocupado (Busy), Habilitação (Enable), e Status,
 - Saída com fonte chaveada de tensão,
 - Bus I²C para conectar uma EEPROM externa,
 - Interface de usuário com LED e display LC de 4x20 caracteres.

6.2.1 Placa IPC CPU

O PC é utilizado como unidade central de processamento para a SmartCamera III. O software implementado controla toda a seqüência operacional. O hardware consiste em um módulo Mini-ITX com um processador Pentium M de 1.4 GHz e 1 GB de RAM, com sistema operacional Linux armazenado em um flash disk de 8GB. Não é necessário cooler ativo porque o processador possui uma boa eficiência energética. É necessário o resfriamento por condução térmica dentro da caixa do equipamento. Com o uso de flash disk no lugar de disco convencional não há dispositivos eletromecânicos, portanto não há peças sujeitas a desgaste.

A interface FireWire é implementada com um cartão plug-in mini-PCI.

6.2.2 Placa de interface

A placa de interface faz a conexão entre o PC, a câmera e o aparelho de medição. Ela tem um micro controlador que monitora através de sensores a tensão de operação e a temperatura. No caso de problemas, o sistema desliga automaticamente e uma mensagem é exibida no display LC frontal da unidade de processamento (MPU).

6.2.3 Display

O display LC (4 linhas de 20 caracteres cada) é utilizado para exibir diversos estados de funcionamento e mensagens de erro.

6.2.4 Armazenamento

O sistema tem um flash disk interno com interface ATA/IDE, que é utilizado para armazenar o sistema operacional, arquivos de registro e imagens incidentes.

6.3 Câmera

Na câmera, um microcontrolador controla a seqüência de geração da imagem e aciona o processador do CCD e a FPGA, que, por sua vez permite ao CCD disponibilizar os dados para transmissão via FireWire. Através da memória interna da câmera é possível adaptar o mesmo hardware para diferentes formatos de CCD. As unidades funcionais com fundo escuro (transceptor ótico FireWire conversor DC/DC) não estão disponíveis nas variantes da SmartCamera Head X. Na câmera as fotos são registradas pela unidade de controle de acordo com o requerimento da imagem:

- Sensor digital de imagem (CCD);
- Várias resoluções;
- Monocromática e colorida (Matriz Bayer);
- Obturador eletrônico.

O solicitação de imagem é ativada pela unidade de controle. O sensor de imagem é apagado e a exposição é realizada de acordo com a velocidade escolhida do obturador. O flash é acionado automaticamente durante a exposição. É realizada a leitura do sensor de imagem e os dados digitalizados com uma resolução de 14 bits são transferidos diretamente para o buffer interno à unidade de controle, utilizando uma transferência por DMA. A Figura 12 apresenta a câmera.

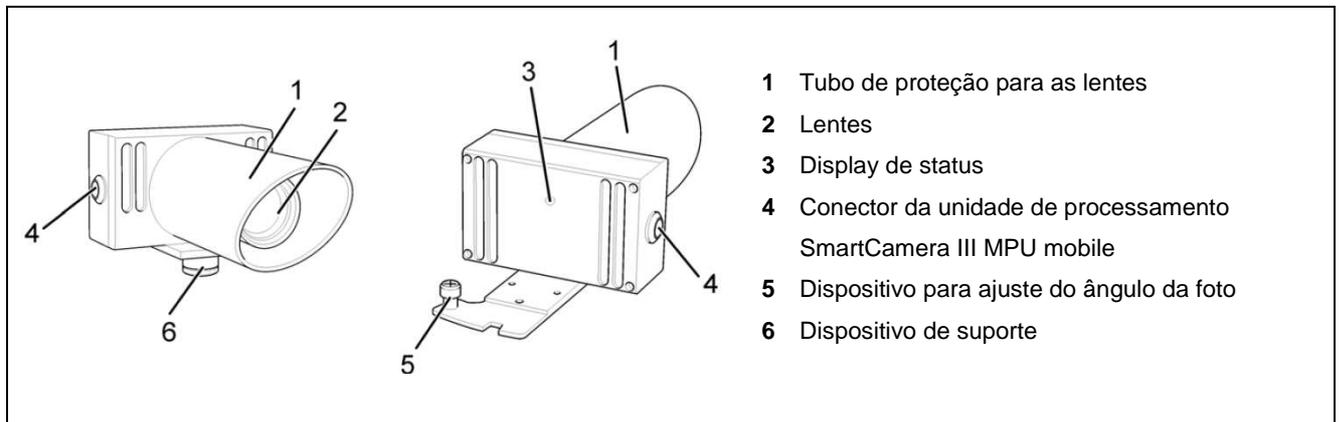


Figura 12 - Câmera – SmartCamera III Head X

6.3.1 Flash

O flash é ativado pela linha de controle SYNC_X (contato de sincronismo X) diretamente pela câmera SCIII, portanto pode ser disparado junto com a exposição do elemento a ser fotografado. O sistema pode ser operado por vários tipos de flash ROBOT (xenon, IR ou laser), dependendo da necessidade. A configuração do tipo de flash usado é feita via software de operação.

A Figura 13 e Figura 14 apresentam a lâmpada e o gerador do flash, respectivamente.

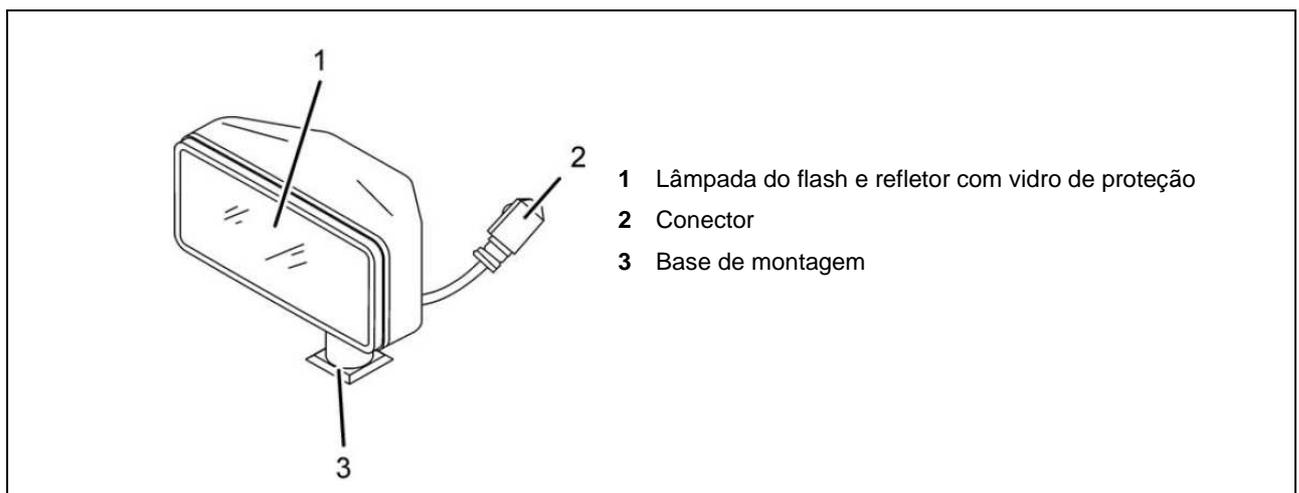


Figura 13 - Lâmpada do Flash

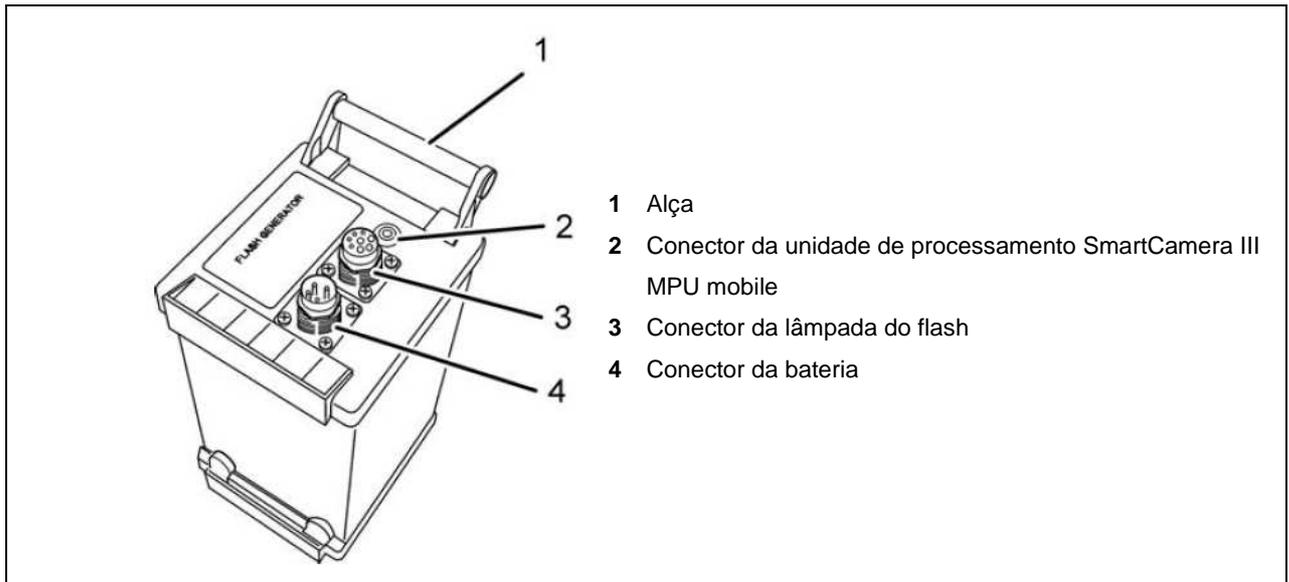


Figura 14 - Gerador do Flash

7 CAPTAÇÃO DAS INFORMAÇÕES ARMAZENADAS

O sistema possui diversas conexões de entrada e saída (I/O), através das quais podem ser descarregadas as imagens capturadas. As conexões de entrada e saída são:

- Interface serial RS 232, TCP/IP;
- Conexão LAN Ethernet;
- Interfaces USB 2.0;
- Interfaces FireWire IEEE 1394.

O acesso a SmartCamera é estabelecido através de uma das interfaces acima descritas, utilizando um software de controle e acesso. Entretanto, a maneira mais fácil e comum para acessar as imagens é baixá-las da câmera através de USB memory stick.

Visando a segurança no processo de transferência de imagens do HD interno da câmera, o acesso à câmera é protegido, podendo apenas ser realizado por pessoas autorizadas através de um login e senha.

8 DISPOSITIVOS OPERACIONAIS E DE COMANDO

A operação do sistema é realizada utilizando um teclado de 8 teclas, que permite uma operação uniforme de todos os dispositivos ROBOT da nova geração. A operação das teclas é analisada por um controlador USB, que atua como um teclado de PC e provê opções adicionais para controle do display de sinal e gerador de som.

8.1 Dispositivo de operação (HCU)

O HCU é um monitor de 6,5" tipo Thin-Film Transistor (TFT) com 4 botões na lateral esquerda e 4 botões na lateral direita, geralmente chamados de *soft keys* (Figura 15).

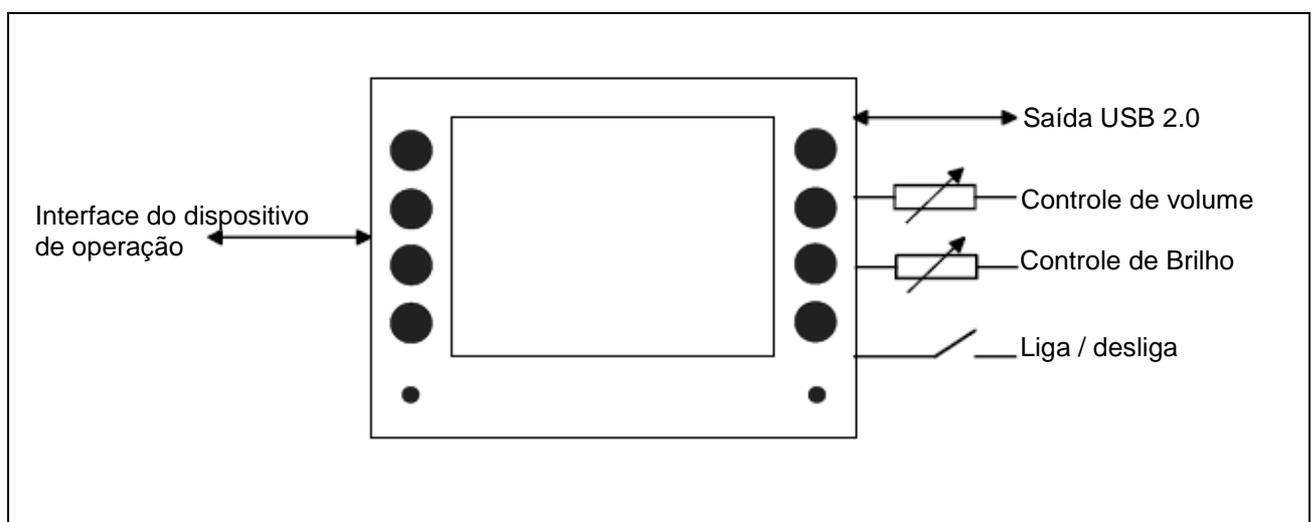


Figura 15 - Hand Control Unit (HCU)

8.2 Elementos de controle

- Controle de volume do dispositivo de sinal sonoro;
- Controle de brilho do display TFT;
- Chave liga/desliga.

8.3 Elementos do display

- LED de potência verde;
- LED de sinal vermelho.

8.4 Interfaces do HCU

8.4.1 USB 2.0

Funciona como um hub com dois terminais USB para dispositivos externos (ex. memory sticks).

8.4.2 VGA

Este conector é ligado à saída de vídeo padrão VGA da saída de vídeo do MPU, cuja placa gráfica possui uma resolução de 640 x 480 pixels.

8.4.3 Potência

A fonte de alimentação é de 12V DC. Internamente são necessárias diferentes tensões, que são geradas pelo próprio dispositivo.

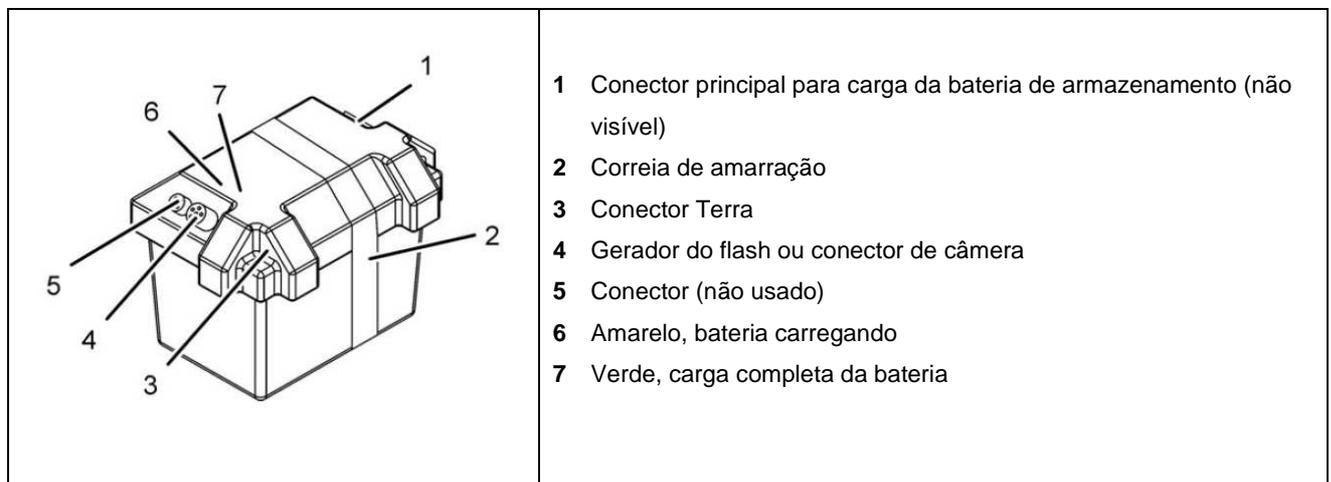


Figura 16 - Gerador de Potência

8.5 Liga/Desliga

O dispositivo deve ser ligado e desligado através da chave ON/OFF do HCU.

9 DISPOSITIVOS E FUNÇÕES ADICIONAIS

O medidor de velocidade modelo Multiradar CD pode ser instalado em uma variedade de condições e arranjos mecânicos. As montagens mais comuns são:

- Instalado sobre um tripé;



Figura 17 - Sobre um Tripé Convencional com Proteção

- Instalado em caixa fechada com rodas;
Normalmente com rodas para maior proteção mecânica e facilidade de transporte. A Caixa é posicionada no acostamento da rodovia.



Figura 18 - Montado numa Caixa Fechada com Rodas para facilitar o Transporte

- Instalado em caixa fechada com proteção térmica;



Figura 19 - Montado numa Caixa Fechada com Proteção Térmica

- Instalado no interior de um veículo.

O veículo deverá ser estacionado a margem da rodovia ou via pública para efetuar as medições de velocidade (medição estática) ou pode estar em movimento para efetuar medições utilizando a função moving. A montagem é efetuada utilizando suportes e materiais de fixação adequados para cada situação e tipo de veículo. Para evitar eventuais interferências, a bateria do veículo não é utilizada para alimentação do equipamento. Logo, instalam-se baterias específicas para o equipamento. Na Figura 20 é apresentado um esquema básico de montagem dentro de um veículo.

Na operação estática (viatura parada no acostamento), a medição é efetuada para veículos que circulam em ambos os sentidos da via.

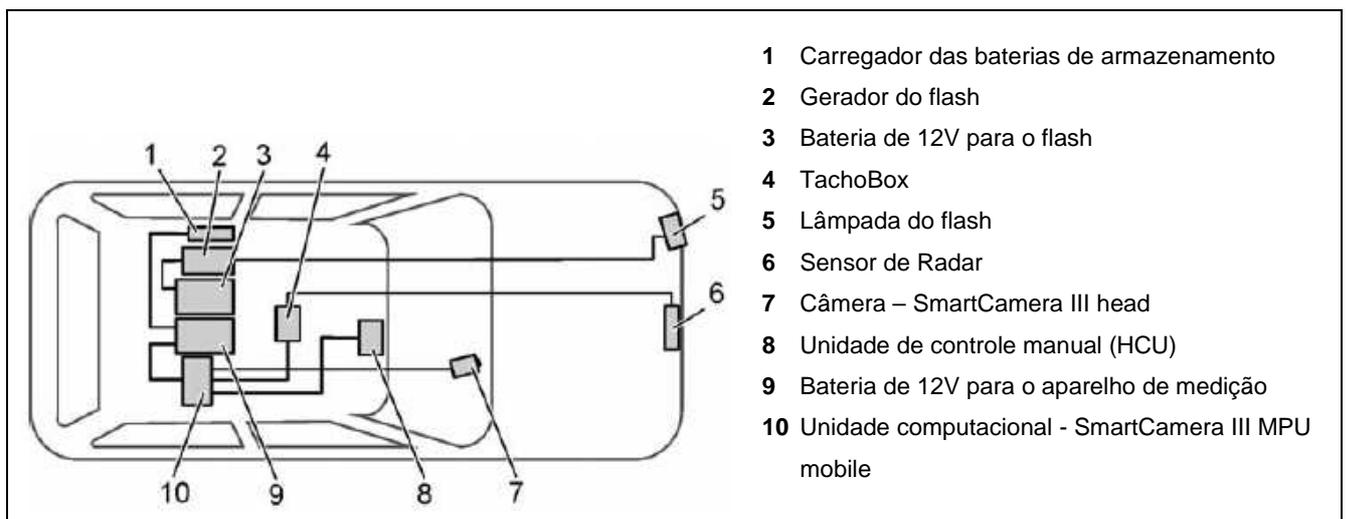


Figura 20 - Montagem do MultaRadar CD/CM na parte frontal de uma viatura.

Além das diferentes configurações de instalação descritas, o medidor de velocidade Multaradar CD pode ser utilizado com uma variedade de dispositivos auxiliares de iluminação fotográfica (flashes). Cada tipo de flash está destinado à aplicação específica, definida pelo usuário final. Da mesma forma, dependendo da aplicação e das condições de medida, cada tipo de flash pode operar diretamente acoplado ao chassi do equipamento principal ou em um tripé (ou montagem similar).

10 LIMITAÇÕES E RESTRIÇÕES DO INSTRUMENTO

Não são conhecidas restrições ou limitações de aplicações do equipamento quando corretamente utilizado.

11 PRINCIPAIS CAUSAS DE ERRO

Descrição do erro	Possíveis causas	Solução
Os LEDs não acendem brevemente quando o sistema é ligado.	Tensão de alimentação insuficiente	Verificar a fonte de alimentação e trocar a bateria se necessário.
	Cabos de conexão com defeito	Verificar os cabos de conexão e substituí-los se necessário.
	Sensor de radar em modo programação	Colocar o jumper de programação (S1) em OFF.
	Sensor de radar com defeito	Contatar o Serviço Técnico Autorizado.
O sensor de radar não responde aos comandos RUSP	Cabos de conexão com defeito	Verificar os cabos de conexão e substituí-los se necessário.
	Transceptor RUSP com defeito	Contatar o Serviço Técnico Autorizado.
Testes internos de sinal não provêm valores válidos de medição	Sensor de radar com defeito	Contatar o Serviço Técnico Autorizado.
Quando se trata de começar o modo de medição, o sensor de radar reporta "STATE 303"	Temperatura interna do radar fora da faixa	Aquecer ou resfriar o sensor de radar.
Quando se trata de começar o modo de medição, o sensor de radar reporta "STATE 304"	Pelo menos uma fonte de alimentação está fora da faixa válida	Colocar a tensão de alimentação em 12V.
	Conversor de tensão com defeito	Contatar o Serviço Técnico Autorizado.
Quando se trata de começar o modo de medição, o sensor de radar reporta "STATE 008"	Erro de leitura dos checksums da FRAM	Contatar o Serviço Técnico Autorizado.
O contador de eventos em RDEST/RDMEA indica que nem sempre há um incremento de número	Cabo de conexão com defeito	Checar os cabos de conexão e substituí-los se necessário.

12 PROCEDIMENTOS DE TESTE

12.1 Objetivo

Nesta seção serão definidos alguns procedimentos adequados para verificar o sistema de radar de medição de velocidade Multiradar CD. Os testes que serão apresentados são propostos pelo fabricante, a fim de garantir as propriedades metrológicas relevantes do equipamento. É recomendável pelo menos realizar o teste de front-end e um dos testes de verificação da qualidade da medição de velocidade. Os resultados permitirão ao engenheiro de testes garantir o correto funcionamento, dentro de margens de erros definidas.

12.2 Critérios

A velocidade apresentada por um veículo que passa pelo feixe do sensor depende principalmente da frequência fundamental do sistema, do ângulo do feixe em relação à direção de movimento do veículo e da resultante do sinal Doppler. Portanto, é recomendável realizar alguns testes relacionados à forma do feixe do radar (lóbulos principal e laterais), pois estes fatores afetam significativamente a posição do veículo no registro da imagem. Lista de testes recomendados:

- Teste de radar de front-end:
 - Frequência fundamental;
 - Ângulo do feixe principal;
 - Largura do feixe principal;
 - Atenuação dos lóbulos laterais em relação ao feixe principal.
- Teste de qualidade de medição de velocidade:
 - Gerador interno de sinal;
 - Gerador mecânico de sinal Doppler;
 - Gerador eletrônico de sinal Doppler;
 - Teste de rua;
 - Verificação por terceiros.

12.3 Teste de radar front-end

Este teste inclui a medição da frequência fundamental, o ângulo e a largura do feixe principal e a atenuação dos lóbulos laterais em relação ao feixe principal.

12.3.1 Freqüência fundamental

Para medir a freqüência fundamental do sistema, o mesmo deve estar no modo padrão de medição. Para esta parte do teste a direção do tráfego não é relevante. A antena corneta adequada para receber microondas de 24,00 GHz até 24,25 GHz deve ser colocada em oposição ao sensor de radar RRS24F SD2/20. A distância entre o sensor de radar e a antena corneta deve ser de aproximadamente 3m. A antena deve ser conectada a um medidor de freqüência ou a um contador similar ao XL Microwave Frequency Counter, Model 3400A. O medidor deve apresentar uma freqüência de 24,1 GHz \pm 25MHz.

12.3.2 Ângulo e largura do feixe principal, atenuação dos lóbulos laterais

Para esta parte do teste o sensor deve estar montado numa placa giratória. Será necessário um cabo de extensão, pois o sensor de radar deverá estar sempre conectado ao Multiradar CD. Existem duas maneiras de realizar este teste:

- Método manual, utilizando uma placa giratória e um medidor de potência;
- Método automático, utilizando um sistema giratório motorizado com controle remoto e um medidor, reportando cada resultado de medição a um PC conectado. (Figura 21 e Figura 22).

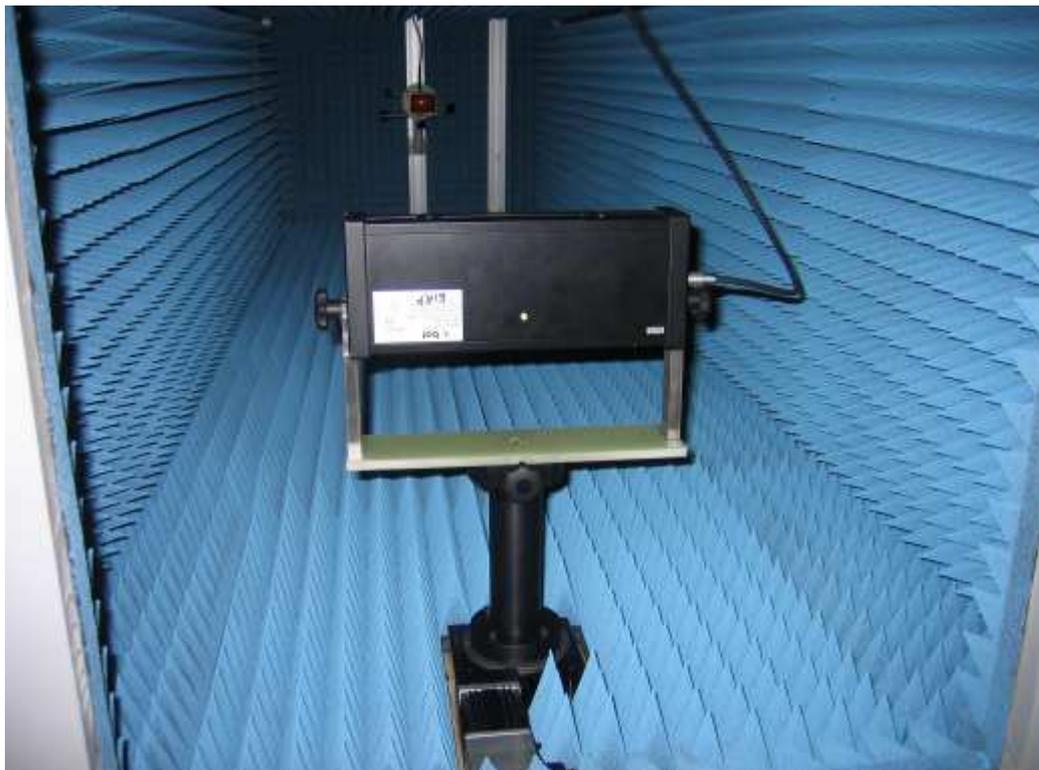


Figura 21 - Sensor de Radar montado em um Sistema Giratório Motorizado



Figura 22 - Antena Corneta em Oposição ao Sistema Giratório Motorizado

12.3.2.1 Método manual

Para realizar o teste manual é necessário uma placa giratória manual para segurar o sensor de radar em teste. A parte fixa da base e a parte superior móvel devem ter uma dimensão exata para determinar o ângulo do sensor de radar em todas as etapas do teste. Em oposição ao sensor de radar é necessário instalar uma antena corneta de 24 GHz, que contenha pelo menos 1m² de material que absorva microondas. A antena corneta que recebe as microondas irradiadas deve ser conectada a um medidor de frequência e potência de microondas. Procedimento:

- Achar o lóbulo principal girando o sensor até encontrar a posição de máxima potência;
- Registrar a potência e o ângulo medido;
- Girar o radar em sentido anti-horário até a potência cair a -3dB abaixo do valor máximo medido;
- Registrar a potência e o ângulo medido;
- Repetir os dois passos anteriores girando o sensor em sentido horário para encontrar o ponto de -3dB no lado oposto;

- Girar o sensor de volta em sentido anti-horário até atingir o primeiro ponto de mínima potência;
- Continue girando o sensor neste sentido até atingir o outro ponto de potência máxima;
- Registrar a potência lida para avaliar o lóbulo lateral;
- Repetir os dois passos anteriores girando o sensor em sentido horário para identificar o lóbulo lateral no lado oposto.

12.3.2.2 Método automático

O procedimento descrito no item (12.3.2.1 - Método manual) são aplicáveis para o método automático. Os mesmos critérios são aplicados para a avaliação. As vantagens do método automático são:

- Otimização do tempo (de 2 a 5 vezes dependendo da especialização do operador manual);
- Grande número de pontos de teste adicionais resultando em um traçado apresentável do feixe ;
- Documentação de qualidade;
- Este método permite avaliação visual.

Detalhe do método:

- O sistema é movido por um motor de passos AEROTECH soloist e inclui uma unidade de controle com interface para PC;
- O principal elemento de medição é um analisador de espectro AGILENT E 4407B que mede frequência e potência. Esta unidade é acionada remotamente pelo mesmo PC que controla o motor. A comunicação é feita através de uma interface GPIB, que é também utilizada para levar os resultados da medição ao PC;
- Todo o procedimento é controlado pelo PC, executando um programa proprietário;

Na Figura 23 é apresentado um gráfico da medição do feixe.

Prüfprotokoll

Type: RRS24F-SD2/20
 Serial Number: 590-106/60025
 Device ID: 24F_SD_292B

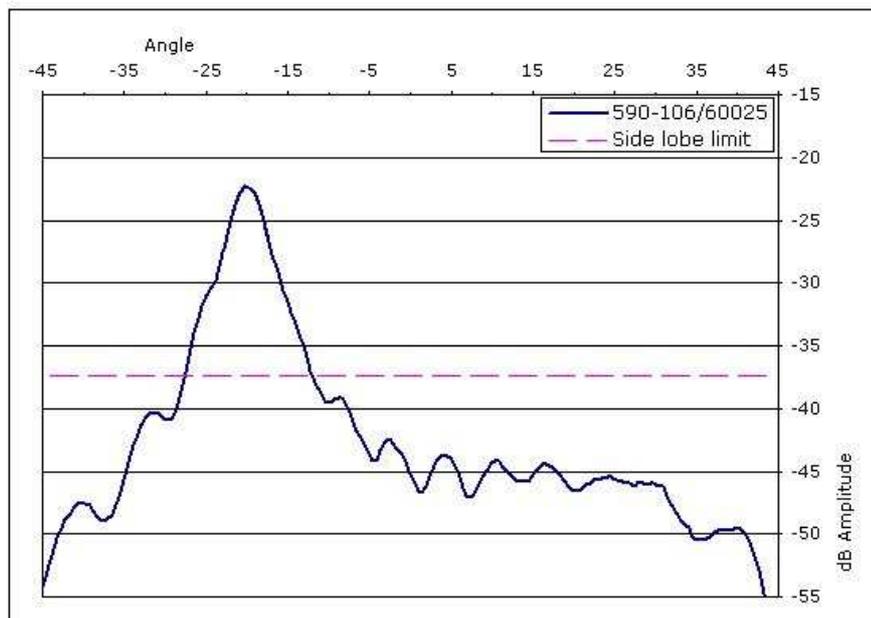
Date: Wed, May 13, 2009
 Time: 9:56 AM
 Scan File: RRS24FS2.ab
 Temperature: 27 °C

RADAR Beam Characteristic

Plot Frequency: 24,099 GHz
 Rel. Transmitter Power: -22,9 dB
 Peak Power Angle: -19,89 deg
 Angle 1 at -3dB power: -17,76 deg
 Angle 2 at -3dB power: -22,02 deg
 Beam width (-3dB): 4,3 deg
 Side lobe limit: -15 dB

VCO Cal.

GHz	Cnts.	Status
F0: 24,101E+9	2110	ok
F1: 5,806E+6	2240	ok
F2: 7,527E+6	2274	ok
Phi:	345,8 deg	ok
Amp I:	476	ok
Amp Q:	484	ok
Bin P:	88	ok



Certified by:

Figura 23 - Traçado do Feixe do RRS24F SD2/20 realizado por um Sistema Automatizado de Medição

12.3.3 Avaliação de resultados

Os resultados devem ser interpretados com o objetivo de avaliar o teste executado. Os critérios mínimos são:

- O máximo do feixe principal não deve diferir mais do que $\pm 0,5$ graus do ângulo especificado;
- A atenuação dos lóbulos laterais deve ser maior que 15dB.

12.4 Teste de qualidade de medição de velocidade

A qualidade da medição de velocidade pode ser avaliada utilizando o gerador de sinal integrado (interno) no sensor de radar. As propriedades da medição de velocidade podem ser testadas na rua, ou por um terceiro, tal como uma instituição independente.

12.4.1 Gerador interno de sinal

A modulação FSK permite calcular a distância entre o veículo medido e o sensor de radar. O sensor possui internamente um gerador de sinal de teste completo, independente e operacional. O mesmo consiste em um oscilador, dois geradores Direct Digital Synthesis (DDS) e dois amplificadores não inversores (descrição funcional do sensor de radar). O gerador é acionado através de um comando RUSP enviado através da porta serial RS-422 (também configurável como RS-232), conexão tipicamente utilizada para configurar o sensor e receber os resultados da medição de velocidade. O comando RUSP contém a velocidade, a direção, a distância e o comprimento do veículo a ser simulado. (Figura 24)

Os sinais de saída I e Q são processados como um sinal natural entregue pelo radar front-end e o resultado é devolvido por uma mensagem RUSP. O resultado da medição de velocidade calculada pode ser comparado com a informação alimentada originalmente.

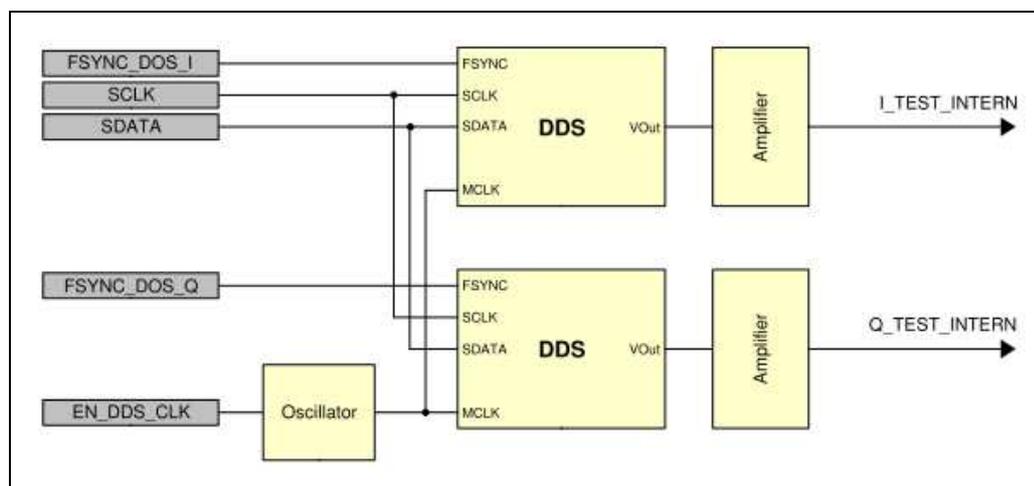


Figura 24 - Diagrama de Blocos do gerador de sinal integrado

12.4.2 Teste de rua

Em alguns países as verificações incluindo re-verificações anuais ou bianuais são realizadas por meio de testes práticos na rua. Alguns veículos equipados com um display indicando sua própria velocidade passam pelo ponto de teste. A velocidade indicada no display é simplesmente comparada com a velocidade mostrada na imagem registrada ou no HCU do medidor de velocidade. A velocidade do veículo é entregue e calibrada por uma saída de um taco sensor, tal como uma roda de Peiseler (Peiseler Wheel) ou uma fonte GPS diferencial.

No Brasil o teste será implementado utilizando um cronotacômetro calibrado no veículo medido, e a velocidade indicada pelo mesmo será comparada com a velocidade medida pelo radar.

12.4.3 Verificação por terceiros

Um enfoque completamente diferente para este tipo de testes pode ser dado por um Órgão de Metrologia. A principal vantagem deste método é a concessão de um teste para cada sistema individualmente testado. Os certificados emitidos por estes órgãos são necessários se um infrator tenta um processo judicial, baseando-se em dúvidas em relação ao correto funcionamento do medidor de velocidade.

12.4.4 Avaliação

Para julgar os resultados, o operador simplesmente tem que comparar a velocidade simulada com a velocidade indicada pelo display do Multiradar CD.

Para os resultados de testes de laboratório se aplicam as seguintes regras para máximo desvio:

- $\pm 1,0$ km/h para velocidades até 100 km/h;
- $\pm 1,0$ % para velocidades superiores a 100 km/h.

Para os resultados de testes de rua o erro permitido deve cumprir com a norma OIML R91 e não exceder:

- $\pm 3,0$ km/h para velocidades até 100 km/h;
- $\pm 3,0$ % para velocidades superiores a 100 km/h.

13 ANEXO

13.1 Velocidade simulada versus frequência

Velocidade a ser Simulada (Km/h)	Frequência Doppler (Km/h) com $f_0 = 24.1$ GHz		Velocidade Mínima (Km/h)	Velocidade Máxima (Km/h)
	$\varphi = 0^\circ$	$\varphi = 20^\circ$		
25	1.117	1.049	24.00	26.00
50	2.233	2.098	49.00	51.00
75	3.350	3.148	74.00	76.00
100	4.466	4.197	99.00	101.00
125	5.583	5.246	123.75	126.25
150	6.699	6.295	148.50	151.50
175	7.816	7.344	173.25	176.75
200	8.932	8.393	198.00	202.00
225	10.049	9.443	222.75	227.25
250	11.165	10.492	247.50	252.50

Tabela 1 - Velocidade simulada versus frequência apresentada no documento original da Jenoptik-Robot GmbH

As frequências Doppler de velocidades não mostradas na tabela podem ser calculadas aplicando a Equação 1:

$$f = 2 \cdot \frac{f_0 \cdot v}{c}$$

Onde:

c = velocidade da luz definida como 299.792.458 m/s

φ = ângulo entre o feixe do radar e a direção de movimento do veículo

f_0 = frequência do sinal Doppler do radar

v = velocidade simulada do veículo