

# Plataforma de salto

*A possibilidade de avaliação da performance de uma atividade física é de grande importância na área esportiva. Um equipamento portátil, de excelente desempenho e baixo custo de implementação pode ser uma atrativa opção para empreendedores, principalmente com a aproximação das Olimpíadas e da Copa do Mundo em nosso país.*

**Túlio M. P. Cunha**  
Mestre em engenharia biomédica

O projeto proposto neste artigo tem como objetivo o desenvolvimento de um sistema portátil que permita a avaliação do salto em altura executado por um atleta (jogadores de vôlei, jogadores de futebol etc.).

Todas as informações são processadas por um sistema desenvolvido em um processador portátil que é uma calculadora científica programável e com tela gráfica para a apresentação dos dados. Essa calculadora é a HP48GX. A medida da altura do salto será avaliada medindo-se o tempo do salto em segundos. Esta medida embora não exata, apresenta um nível de precisão adequado ao propósito do projeto. Portanto, é preciso desenvolver sensores que possam medir o tempo do salto e apresentar os resultados em forma de gráficos de barras. A **figura 1** ilustra um atleta utilizando a plataforma.

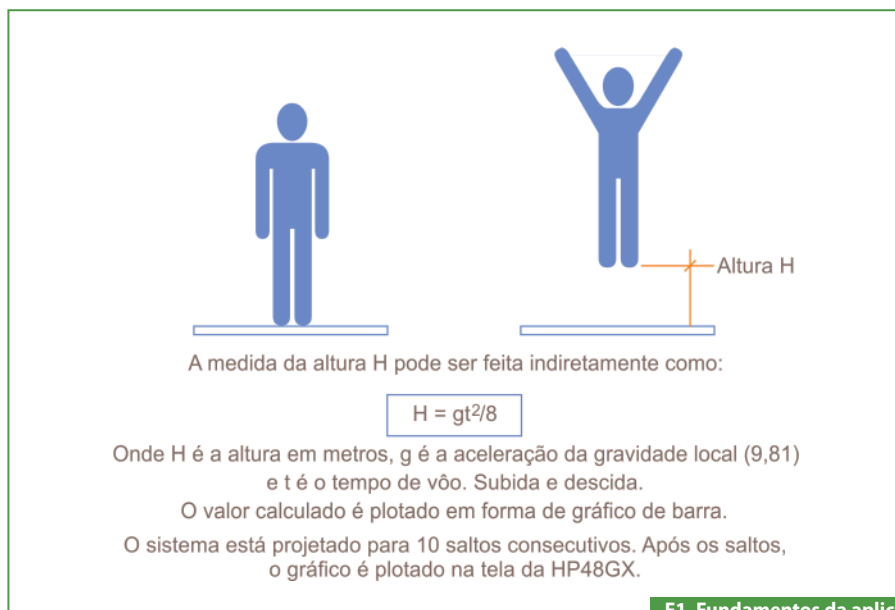
Vários tipos de plataforma podem ser desenvolvidos, como os de contato elétrico, capacitiva, com sensores de pressão...etc.

O tipo de plataforma desenvolvida neste projeto utiliza sensores infravermelhos e objetiva ser portátil, além de fácil de instalar. Esta plataforma também deve trabalhar em ambientes com qualquer tipo de iluminação.

## Montagem

A plataforma foi montada com dois tubos de PVC de 5 cm de diâmetro e 1,5 m de comprimento (um tubo contém os LEDs emissores infravermelhos e no outro tubo estão instalados os FOTODIODOS receptores infravermelhos).

Foram feitos 8 furos em cada tubo para instalação dos 8 sensores infravermelhos. No tubo emissor, em cada furo



**F1. Fundamentos da aplicação deste projeto.**

foi instalado um LED emissor de infravermelho. Os LEDs ficam no interior do tubo e emitem a radiação infravermelha através de uma abertura quadrada na sua frente. Na montagem ficam dois grupos de 4 LEDs em série que, por sua vez, estão em paralelo. No tubo receptor foram instalados 8 fotodiodos em série simplesmente. Os tubos devem ser instalados um de frente para o outro de forma a coincidir os LEDs emissores na mesma direção dos FOTODIODOS receptores. O tubo emissor é conectado ao circuito através de um cabo e um conector RCA. O tubo receptor é conectado ao circuito através de um cabo e um conector J5\_.

## Funcionamento

Os fotodiodos foram polarizados inversamente no circuito. Como eles estão em série, qualquer interrupção em um dos feixes de luz infravermelha será detectada pela HP48GX usando a instrução BUFLN. Esta instrução retorna o valor 1 se a tensão no pino RX da porta serial for 0 volt. Retorna o valor 0 se a tensão no pino RX da porta serial for 5 volts.

Os LEDs transmissores de infravermelho são excitados com picos de corrente mais elevado para garantir o funcionamento da plataforma em qualquer ambiente. Esta excitação também é feita em uma frequência alta (10 kHz) para filtrar as interferências externas de luz, principalmente a luz do sol ou a luz interna do ambiente (Figura 2).

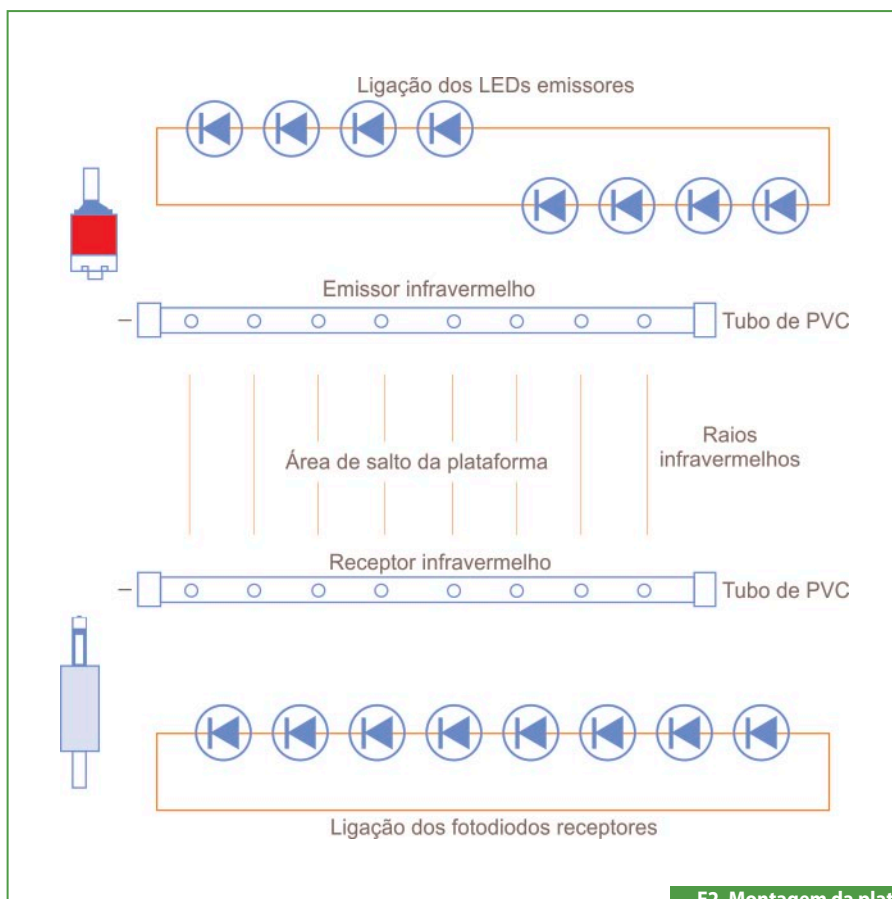
## O circuito

O circuito foi dividido em dois módulos: um TRANSMISSOR e o outro RECEPTOR de infravermelho.

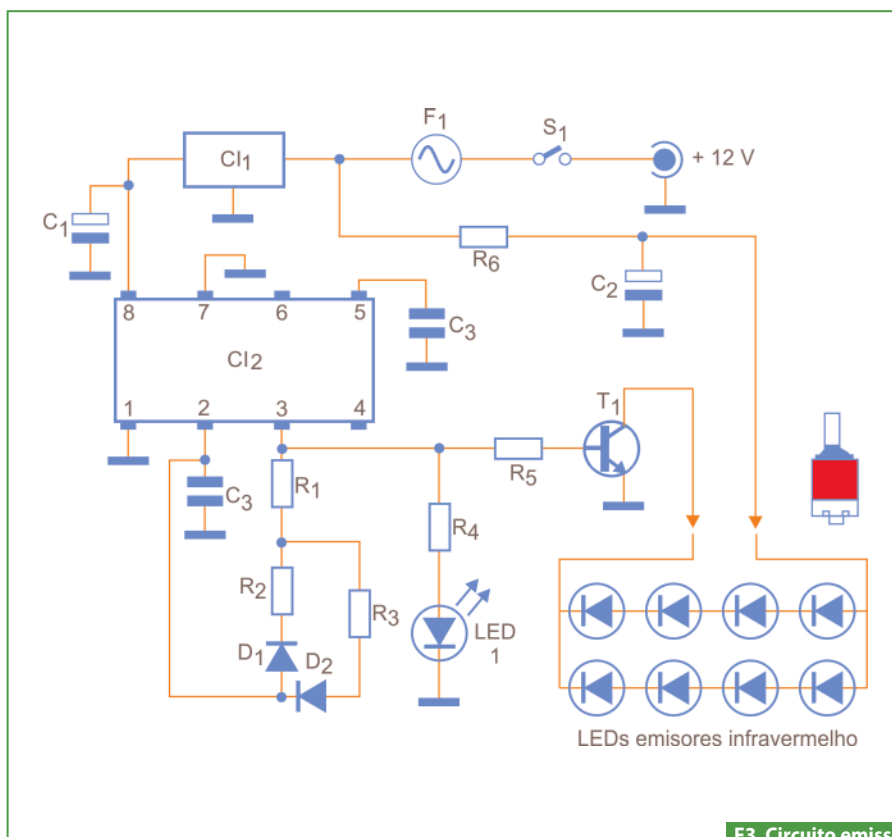
O transmissor de infravermelho emite pulsos de curta duração e alta frequência para filtrá-la da luz ambiente e evitar falsas leituras. Tanto o transmissor quanto o receptor de infravermelho estão montados na mesma caixa, e ligados aos sensores através de cabos de conexão.

A ideia básica do projeto é a interrupção de um feixe luminoso e a medida deste tempo de interrupção.

O circuito emissor (figura 3) utiliza um LM555 na configuração astável de ciclo ativo ajustável (neste circuito o ciclo ativo está ajustado para aproximadamente 10% em  $T_{ON}$ ). Nesta configuração, os LEDs



F2. Montagem da plataforma de salto.



F3. Circuito emissor de infravermelho.

infravermelhos podem receber um pico de corrente bem maior que o especificado para operação contínua. A frequência do oscilador está próxima a 10 kHz (o valor exato não é importante). Esse oscilador excita um transistor  $T_1$  que, por sua vez, excita 8 LEDs emissores infravermelhos configurados com dois grupos de 4 LEDs em série. Isto permite que os 8 LEDs possam funcionar com os 12 volts de alimentação. A corrente máxima de pico nos LEDs é limitada pelo resistor de 12 ohms.

O receptor de infravermelho é apresentado na **figura 4** e utiliza um PLL (o LM567) para detectar os sinais. Estas informações são enviadas ao pino RX da HP48GX. O integrado LM567 é utilizado na configuração detector de tom e ajustado para a frequência de operação do circuito transmissor de pulsos. Este circuito recebe os sinais e os transforma em um nível de tensão de 5 volts, que são lidos pelo pino RX da porta serial da HP48X.

## O Software

O software foi desenvolvido na linguagem USER RPL. Foi utilizado um algoritmo de monitoramento constante do pino RX da calculadora. O programa utilizando o comando BUFLEN fica em um loop inicial, esperando um nível de tensão por exemplo 0 volt. O software continua esperando por uma mudança de nível que, quando acontecer, armazenará em uma variável T1 o tempo do sistema através da instrução TICKS. Assim que o

### Programa

```

CADA (Conversor Analógico-Digital A)
<< OPENIO CR BUFLEN (abre o canal serial e lê a entrada RX da porta serial)
CLOSEIO SWAP DROP 0 (fecha o canal serial, inverte o conteúdo da pilha e )
IF == (compara com o valor 0)
THEN TICKS `T1` STO CADB (Se igual, captura o tempo e armazena T1)
ELSE CADB (se diferente de 0, chame o programa novamente)
END >> (fim do programa CADA)
CADB (Conversor Analógico-Digital B)
<< OPENIO CR BUFLEN (abre o canal serial e lê a entrada RX da porta serial)
CLOSEIO SWAP DROP 1 (fecha o canal serial, inverte o conteúdo da pilha e )
IF == (compara com o valor 1)
THEN TICKS `T2` T2 T1 - B>R 8192 / (Se igual, captura o tempo e armazena T2, faz a diferença entre T2 e T1,
converte de binário para Real e divide por 8192 para obter o
tempo em segundos)
ELSE CADB (caso contrário, chame o programa CADA)
END >> (fim do programa CADB)
CADC (Conversor Analógico-Digital C)
<< OPENIO CR BUFLEN (abre o canal serial e lê a entrada RX da porta serial)
CLOSEIO SWAP DROP 0 (fecha o canal serial, inverte o conteúdo da pilha e )
IF == (compara com o valor 0)
THEN CADC (se igual, chame o programa CADC)
ELSE CADB (se não, chame o programa CADA)
END >> (fim do programa CADC)
SALT
<< I 10 FOR S 1000 .05 BEEP CADA (programa que processa 10 saltos e armazena os dados em uma lista.
Emite um som a cada salto realizado)
NEXT 10 >LIST
`LI` STO 600 I BEEP SALH >>
SALH (plota os dados em forma de gráfico de barras)
<< ERASE EIXO I 10 FOR G LI G GET DUP *
2.9 - G 4.5 - SWAP R>C -2.8 G 4 - SWAP R>C BOX
{# 0d #0d} PVIEW 7 FREEZE
NEXT >>
SALG (semelhante a SALH, porém com outro tipo de gráfico de barras)
<< ERASE EIXO I 10 FOR G LI G GET DUP *
9.8 * 8 / 4 * 2.9 - G -4.5 + SWAP R>C -2.8 G -4.5 +
SWAP R>C TLINE
{# 0d #0d} PVIEW 7 FREEZE
NEXT >>

```

software detecta uma nova mudança de nível, ele armazena o novo tempo do sistema (TICKS novamente) em um segunda variável T2. O tempo do primeiro salto é obtido dividindo-se a diferença (T2 - T1) por 8192. O resultado é armazenado na primeira variável de tempo. Isso é feito durante os 10 saltos consecutivos quando, ao final, o programa desenha a escala da tela, calcula o tempo de cada salto e os converte em altura utilizando a fórmula já citada.

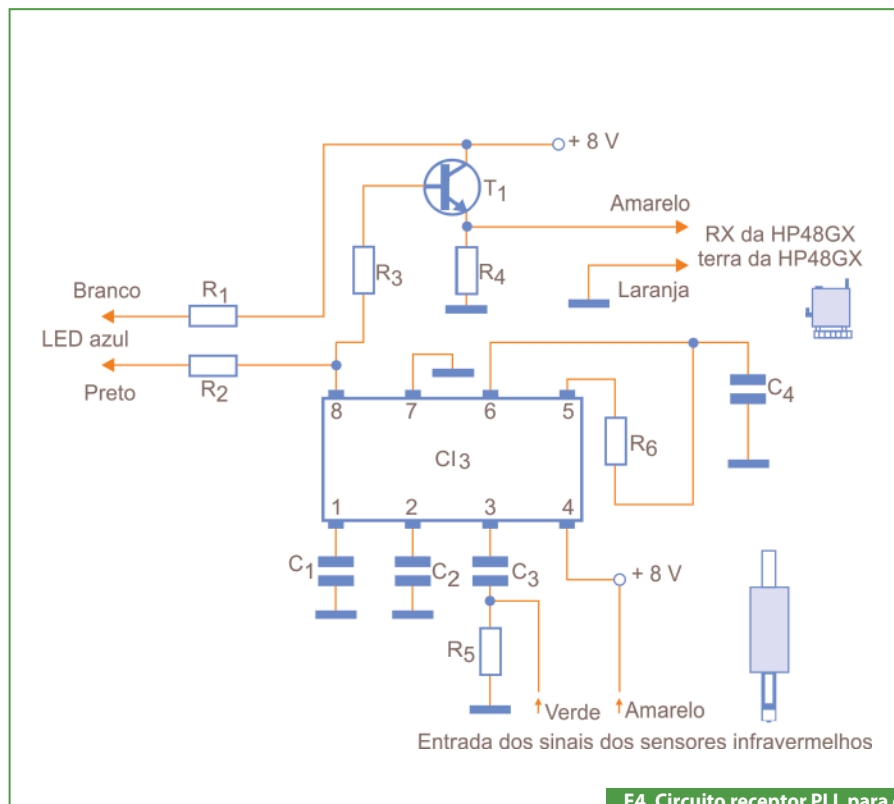
A importância desse sistema pode ser entendida, uma vez que o que mais importa é ter os registros de vários testes realizados durante um período e poder ter uma clara comparação entre os testes iniciais e os finais. Se os teste finais forem

melhores em performance que os testes iniciais, isto torna-se uma valiosa fonte de informação para os profissionais da área.

### Utilização do projeto

Posicionar os tubos transmissores e receptores em um local plano de forma a um ficar diretamente direcionado para o outro, e em uma distância apenas o suficiente para um atleta realizar uma seqüência de 10 saltos.

Quando o LED azul acender, está tudo certo. O atleta entra no centro da plataforma e o LED azul se apaga. Então, é só rodar o programa SALT. Após os 10 saltos, o resultado aparecerá na *display* da HP48GX.



F4. Circuito receptor PLL para os sinais infravermelhos.

### Sugestões para melhorar o projeto

Como sugestões para um projeto mais profissional podemos acrescentar um aumento no número de LEDs emissores de 8 para 12, o que permitiria estender o teste para atletas de pés menores. Isto também acrescenta maior confiabilidade de leitura durante os saltos, evitando que o atleta pise de forma a não interromper um dos feixes de infravermelho.

O programa supervisorio pode ser muito mais elaborado, permitindo escolher o número de saltos a serem realizados, fazer um cadastro do atleta e seus testes. Pintar os dois tubos com tinta preta fosca para blindar qualquer emissão de luz externa que não seja proveniente do tubo emissor de infravermelho.

### Bibliografia

1. BERLIN H. M. "Aplicações para o 555 com Experiências", EDITELE 1983.
2. BRAGA, NEWTON C. "Circuitos & Soluções", 6 volumes periódicos da EDITORA SABER LTDA, 2009.
3. HIGGINS, R. J. "Electronics with Digital and Analog Integrated Circuits", Prentice - Hall, Inc , 1983.
4. HP - "Guia do Usuário da HP 48 Série G", HEWLETT PACKARD.
5. HP , "HP 48G Series Advanced User's Reference Manual", HEWLETT PACKARD.

### Lista de Materiais

#### Transmissor

- CI<sub>1</sub> - LM 7808 - regulador de tensão
- CI<sub>2</sub> - LM 555 - como oscilador astável
- S<sub>1</sub> a S<sub>8</sub> - Sensores fotodiodos
- T<sub>1</sub> - NPN - Transistor TIP41C
- R<sub>1</sub> - 100 ohms 1/8 watt
- R<sub>2</sub> - 22k ohms
- R<sub>3</sub> - 670 ohms
- R<sub>4</sub> - 1K5 ohms
- R<sub>5</sub> - 10 kohms
- R<sub>6</sub> - 12 ohms - 3watts
- C<sub>1</sub> - 100 uF/ 25 V
- C<sub>2</sub> - 1 uF/ 25 V
- C<sub>3</sub> - 100 nF poliéster
- C<sub>4</sub> - 10 nF
- D<sub>1</sub> e D<sub>2</sub> - 1N4148
- F<sub>1</sub> - Fusível de 0,5A
- LED - azul
- LED - branco
- Chave Liga/Desliga
- 8 LEDs emissores infravermelhos
- Caixa para montagem, placa de circuito impresso
- Conector DB9
- Conector P2
- Cabos de conexão tipo microfone.
- Bateria 12 volts 3AH, tipo alarme.

#### Receptor

- CI<sub>3</sub> - PLL LM567 - detector de tom
- T<sub>1</sub> - Transistor - BC548 (NPN)
- R<sub>1</sub> - 330 ohms - 1/8 watts
- R<sub>2</sub> - 1k5 ohms
- R<sub>3</sub> - 10k ohms
- R<sub>4</sub> - 10k ohms
- R<sub>5</sub> - 4k7 ohms
- R<sub>6</sub> - 100k ohms potenciômetro linear
- C<sub>1</sub> - 100 nF poliéster
- C<sub>2</sub> - 100 nF poliéster
- C<sub>3</sub> - 4,7 nF poliéster
- C<sub>4</sub> - 4,7 nF poliéster
- D<sub>1</sub> e D<sub>2</sub> - 1N4148