

MEU PRIMEIRO SISTEMA DE ATV

Por Luiz Amaral
PY1LL/PY4LC

INTRODUÇÃO

Não é saudosismo, mas o radioamadorismo mundial perdeu muito de suas características de experimentação. Hoje em dia a grande maioria dos radioamadores é constituída de eficientes apertadores de botão somente. Não deixa de ser uma pena porque o desenvolvimento da técnica é uma das principais funções da atividade e, por motivos comerciais, econômicos, etc, não pode mais fazer parte do nosso hobby como antes.

Em 1964 eu e o meu xará, o então PY1BAV, resolvemos montar um sistema de ATV. O grande problema é que éramos estudantes e, portanto, 'duros', não nos sendo possível adquirir válvulas de câmera que eram, naquela época, muitíssimo caras (não existiam as 'web cam' que se conhece hoje, digitais e sem utilizar nenhuma válvula sensora; somente existiam 'vidicons' e os 'image orthicons'). O desafio estava aí. Desenvolver um 'olho' para a nossa câmera acessível ao nosso bolso. Nessa época não existiam circuitos integrados nem mesmo os transistores de silício eram muito comuns.

O SISTEMA ESCOLHIDO

Eu consegui, em sucatas de equipamentos em algum ferro velho de material eletrônico, uma válvula fotomultiplicadora do tipo 1P22 (aliás, consegui duas!) mostrada na figura 1.

Esta é um sensor de luz com amplificador interno usando 9 dinodos (pouca gente sabe o que é isso, mas veja no apêndice sobre o assunto) como amplificador interno de sinal e com razoável sensibilidade.



Figura 1

Para iniciar, apresentavam-se vários problemas. Em primeiro lugar, nós precisávamos aprender a projetar e construir bons amplificadores de vídeo, pois este era o tipo de sinal com que iríamos lidar; depois tínhamos de usar os recursos dos quais dispúnhamos, como válvulas e outros componentes para construir nosso transmissor de TV, especialmente no que dizia respeito à modulação de vídeo; finalmente tínhamos de gerar nosso próprio sinal de vídeo, pois era nossa intenção produzir nossas próprias imagens. Para a primeira etapa, o desenvolvimento dos amplificadores de vídeo, usamos o sistema mostrado na figura 2.

Primeira etapa:

Utilizando-se uma TV, sintonizada no canal que tinha, no meu QTH, a melhor de todas as imagens, montou-se o sistema com a 1P22

'olhando' para a tela da TV e gerando um sinal de vídeo idêntico ao da TV. Pulsos de sincronismo foram retirados dos respectivos circuitos do aparelho de TV. Os sinais de apagamento do retrazo eram gerados na própria fotomultiplicadora, visto que, quando a tela apaga durante o retrazo, o

o sinal de vídeo na 1P22 vai ao preto máximo. O sinal de vídeo assim gerado foi amplificado e, junto com os sinais de sincronismo vertical e horizontal, foi enviado ao tubo de imagem de monitoração, o 'view finder', que, no nosso caso, era um pequeno tubo de osciloscópio 2AP1 de fósforo verde (a cor não era a mais recomendada, obviamente, mas era o que dispúnhamos no momento), como na figura 3. Dessa forma nos foi possível aprender a construir amplificadores de vídeo com ganho e banda-passante convenientes ao projeto.

Segunda etapa:

Já tínhamos um esboço inicial do projeto, mas não estávamos gerando ainda nossa própria imagem nem a transmitindo por RF. Partimos para o transmissor de TV, pois não sabíamos como modular RF com vídeo. Para fazê-lo, sem ainda estar produzindo nosso próprio sinal vídeo e sem dispor mesmo de um receptor de UHF de TV (a banda de 420 MHz era a de mais baixa frequência permitida para uso de sinais de TV por radioamadores), continuamos utilizando o sinal do mesmo aparelho de TV e construímos

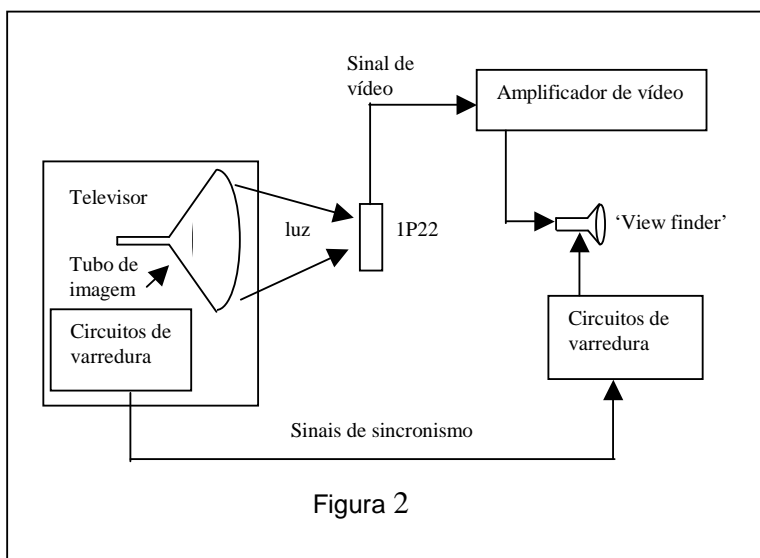


Figura 2

um transmissor de pouca potência e sem nenhuma antena ainda na frequência de um canal comercial de TV em VHF ainda não utilizado (naquela época havia!!!). Optamos, nesse caso, pela utilização de uma válvula pentodo 1614 na parte de RF, ainda oscilando e saindo. Esta é similar a



Figura 3

uma 6L6 (que é tetrodo) metálica, mas com grade supressora independente (um pentodo, portanto), mas que opera muito bem em VHF. Depois de algumas experiências, concluímos que a maneira mais fácil de modular essa RF (a modulação de vídeo é AM) era pela grade supressora e, para tal, utilizamos uma 1613, um pentodo do tipo de uma 6V6 (tetrodo) metálica. Tanto a 1614 como a 1613 possuíamos no nosso 'estoque', vindas, como quase sempre, de ferros-

velhos de eletrônica que havia na cidade do Rio de Janeiro. O ajuste de nível de modulação controlava a qualidade de imagem porque mantinha os níveis de sinal dentro da uma linearidade do processo bem razoável¹. Nossos amplificadores de vídeo excitavam a 1613.

Após a correta aprendizagem sobre amplificadores e moduladores de vídeo, construímos um transmissor para a banda de 420 MHz para poder irradiar realmente nossos sinais e modificamos um aparelho de TV de UHF para receber os sinais da faixa de amador.

Terceira etapa:

¹ A modulação é um processo essencialmente não-linear, mas aqui nos referimos à não distorção entre o sinal modulador e o envelope da RF de vídeo (a modulação de vídeo é em AM).

Por Luiz Amaral
PY1LL/PY4LC

Até agora muitos problemas haviam sido resolvidos, mas o principal problema, que é o real motivo desse artigo, ou seja, a geração do nosso próprio sinal de vídeo, ainda não havia sido solucionada. Como primeira parte da terceira etapa, já que a 1P22 conseguia 'ver' perfeitamente uma imagem numa tela de TV, construímos uma câmera somente para transparências ou 'slides'. Para isto,



Figura 4

usando um tubo de TV que dispúnhamos no 'estoque', um 8XP4, figura 4, não muito apropriado para a finalidade em questão², geramos uma tela branca (apenas com varredura e sem imagem). Esta tela era 'vista' pela 1P22 como sempre. Colocando-se um 'slide' fotográfico ou uma transparência encostada à tela, o sinal de vídeo era gerado porque as partes mais transparentes excitavam a fotomultiplicadora, ao contrário das partes opacas. Mesmo pondo-se a mão junto à tela, era possível se transmitir uma 'mão preta' para o receptor pelo simples bloqueio que a mão exercia sobre a luz da

tela. Já estávamos, assim, gerando nosso próprio sinal de vídeo *sem válvula de câmera convencional*, porém não eram imagens 'ao vivo' como numa estação de TV. Veja na figura 5.

Aí chegamos à nossa segunda parte da terceira etapa, a mais importante de todas.

Nos velhos tempos, havia um tipo de aparelho receptor de TV chamado de 'TV de projeção'. Ela, ao invés de usar um tubo de tamanho normal, onde se veria a imagem, usava um tubo pequeno (3" ou menos) de alto brilho por usar muito alta tensão de aceleração (da ordem de 25 KV) e um sistema ótico com um espelho parabólico que focalizava a imagem desse pequeno tubo numa tela semitransparente (de material muito semelhante

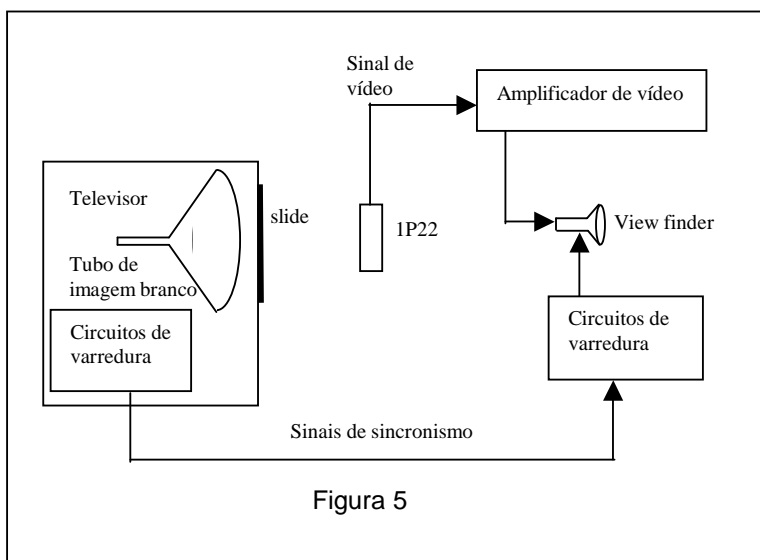
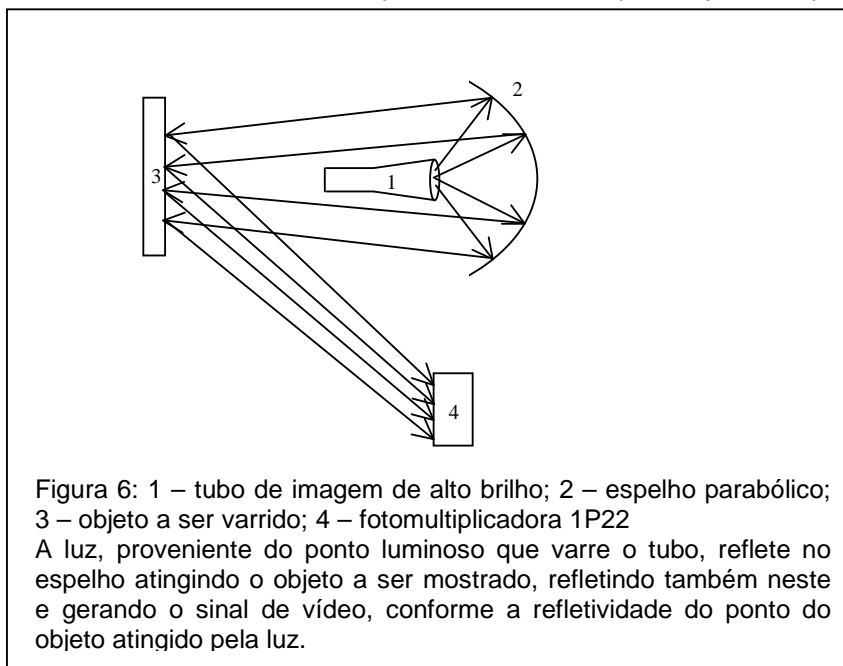


Figura 5

² Este tubo é somente para teste de sistemas de vídeo, pois não dispõe de 'ion trap'. Seu uso contínuo acaba por gerar uma mancha iônica no écran. Era para ser depois substituído por um mais apropriado.

ao couro de um tambor), por trás da mesma e, pela frente, via-se perfeitamente a imagem³. Utilizava-se alto brilho porque, o ganho de tamanho que se obtinha com o sistema ótico passivo (sem ganho real de potência), correspondia a um brilho menor sobre a tela (conservação da potência total).

Ora, se o sistema ótico era capaz de focalizar a imagem do pequeno tubo sobre a tela, poderia fazê-lo também sobre qualquer objeto (um rosto de alguém, por exemplo). Foi o que fizemos. Usando uma velha TV Philips de projeção conseguida numa sucata de uma oficina de consertos de TV, conseguimos focalizar a luz do ponto que varria o pequeno tubo sobre um objeto e, usando-se nossa 1P22, 'olhar' para a luz refletida pelo objeto. Os pontos mais claros do objeto



geravam sinal maior na 1P22 e os mais escuros, sinais menores, ou seja, na 1P22 tínhamos com esse processo o sinal de vídeo relativo ao objeto! Se o objeto fosse um rosto humano de alguém, obtínhamos sua imagem. Vide figura 6.

O nosso projeto nesse momento passou de um sistema de TV por transparência para um sistema por reflexão, um grande passo.

A nossa velha TV de projeção de sucata veio com os circuitos de alta tensão, varredura e de alimentação do tubo em

perfeitas condições. As partes de som, FI's e de sintonia de RF estavam todas danificadas, mas não seriam usadas mesmo. As válvulas desse televisor eram Philips do tipo loctal ainda, ou seja, muito antigas mesmo, mas operavam perfeitamente. Os circuitos vertical e horizontal possuíam um sistema de proteção tal que, se faltasse uma ou ambas varreduras, o tubo era apagado, pois a aceleração eletrônica era tão intensa, que o feixe parado num ponto ou mesmo numa única linha destruiria o écran ('fósforo') da região por evaporação do material fluorescente.

Apesar de termos 'inventado' esse processo de gerar vídeo sem válvula de imagem, ela já o tinha sido muito anteriormente (não o sabíamos na ocasião) e era chamado de 'flying spot scanner' (varredura por ponto voador).

APÊNDICE

O que é uma válvula fotomultiplicadora? Como ela funciona?

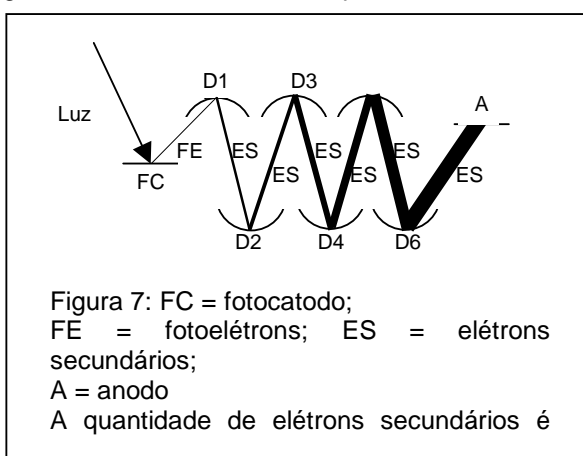
No século passado havia sido descoberto um fenômeno físico chamado efeito fotoelétrico, que constituía na liberação de cargas elétricas quando a luz atingia a superfície de metais. Era mal explicado teoricamente, mas Albert Einstein foi quem primeiro resolveu essa dificuldade. Ele, usando a teoria de Max Plank, sugeriu que as radiações luminosas (aliás, todas as

³ Esse processo complicado era usado porque era muito caro se fabricar grandes tubos de imagem com grandes ângulos de varredura magnética e tinha-se de utilizar tubos de pequenos ângulos, o que fazia sua dimensão crescer muito para trás, aumentando demais o volume do aparelho receptor. A varredura eletrostática apresentava problemas de isolamento mais sérios ainda, como ocorre nos osciloscópios, só que com tensões muito mais altas do que nestes.

eletromagnéticas) são formadas de 'pacotes' de energia proporcional à suas frequências, com a intensidade luminosa dada pela quantidade de tais 'pacotes'. Isto explicava porque somente algumas cores luminosas (frequências, e, portanto, energias) conseguiam apresentar o efeito fotoelétrico e outras não.

Se uma placa metálica especial⁴ está no vácuo (para que as cargas possam se mover livremente) ligada ao potencial negativo de uma fonte e existe uma outra placa ligada ao potencial positivo, quando a luz atinge a primeira placa, os elétrons liberados nela pelo efeito fotoelétrico são atraídos pela outra placa, produzindo, então, uma corrente elétrica. A alimentação do anodo, se feita através de um resistor, vai produzir uma tensão de saída que será proporcional à intensidade da luz incidente.

Mas, para uma intensidade de luz muito fraca, como a recebida após a reflexão sobre um cenário (pessoas, etc) de um raio luminoso de um tubo de TV, esse sinal de saída é muito baixo⁵ para ser utilizado pelos amplificadores disponíveis, obtendo-se uma relação sinal/ruído deficiente (vídeo 'chuviscado'). Para sinais mais altos, necessitamos de outro tipo melhor de sensor, com mais ganho. Aí entram as fotomultiplicadoras.



Fotomultiplicadoras são tipos especiais de válvulas fotossensíveis com um sistema interno de ganho através de um conjunto de eletrodos chamados dinodos. Hoje em dia sua utilização ainda ocorre em certos campos como, por exemplo, a física nuclear experimental.

Como na figura 7, a válvula contém um fotocátodo (placa metálica coberta com metal especial), uma série de dinodos (que são eletrodos intermediários) e um anodo.

A luz, atingindo o fotocátodo, produz neste uma emissão de elétrons (fotoelétrons) cuja quantidade é proporcional à intensidade luminosa⁶. Devido à diferença de potencial

entre o primeiro dinodo e o foto-catodo (dinodo mais positivo), os fotoelétrons são acelerados e atingem o primeiro dinodo que emite elétrons secundários em quantidade maior que a dos fotoelétrons e proporcional à quantidade destes. Esses elétrons secundários são acelerados em direção ao segundo dinodo que tem potencial maior que o do primeiro e, por sua vez, também cria elétrons secundários em quantidade ainda maior e assim sucessivamente até o último dinodo, cujos elétrons secundários são acelerados em direção ao anodo, de onde é recolhido o sinal através de uma impedância de carga conectada ao potencial mais positivo de todos.

Dessa forma, mesmo uma pequena intensidade luminosa pode produzir sinais bastante grandes no anodo, ou seja, é um sistema que apresenta alta-sensibilidade.

Normalmente os dinodos são alimentados através de um divisor de tensão resistivo entre os terminais de uma fonte de alta tensão. Esta tensão, para se evitarem problemas de isolamento⁷ tem o seu terminal positivo conectado à terra e o terminal negativo (de alta tensão) conectado ao foto-catodo, como na figura 8.

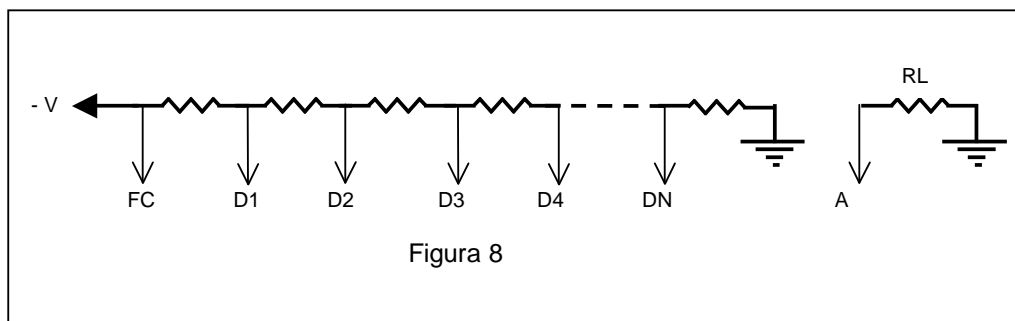
⁴ A placa é especial porque o metal escolhido para cobrir sua superfície deve ter baixa energia de ligação dos elétrons, isto é, mesmo pacotes de baixa energia, como os da luz visível, são suficientes para liberar as cargas.

⁵ Poderia ser usado um resistor bem alto para aumentar esse sinal, mas, devido às capacitâncias envolvidas no circuito, o resistor muito alto levaria a uma resposta de alta frequência muito ruim, algo mortal para os sinais rápidos de vídeo, correspondentes aos detalhes finos das cenas. Assim, tem-se de usar, mesmo com compensações de alta frequência, um valor de resistor relativamente baixo, o que conduz a um sinal de saída também baixo.

⁶ A sensibilidade da fotomultiplicadora é também dependente da cor da radiação luminosa. Abaixo de certa frequência, os 'pacotes' não possuem energia suficiente para 'arrancar' os elétrons dos átomos.

⁷ Como a saída é no anodo, se este estiver conectado a um potencial muito alto em relação à terra, o capacitor de acoplamento que se segue tem de possuir um isolamento para alta tensão e também, ao se ligar a fonte, um pulso muito alto é transmitido ao amplificador.

Normalmente todos os resistores do divisor de tensão são iguais, no entanto, a linearidade do sistema, isto é, a proporcionalidade entre a intensidade luminosa e a saída, é bastante controlada pelo ajuste dos valores dos resistores dos dinodos de numeração mais alta, ou seja, aqueles de maior corrente e que têm potencial mais perto da terra. A carga RL é na maioria dos casos, não uma resistência pura, mas uma combinação resistor-indutor ('peaking-coil') para que se obtenha bom ganho com razoável banda passante (resposta de altas frequências), especialmente em circuitos de vídeo.



CONCLUSÃO

Espero que esse artigo tenha cumprido suas funções, especialmente a de mostrar aos leitores como, mesmo sem muitos recursos, é possível se desenvolver sistemas bastante interessantes e eficientes.

É tudo uma questão de 'parar para pensar' em como resolver um problema novo que se apresenta ao interessado, ou seja, o desenvolvimento é uma questão de 'atitude' da pessoa em relação a um problema que seja novo para ela.

Por Luiz Amaral
PY1LL/PY4LC