

心電図に学ぶ！ 医療 / ヘルスケア装置づくりの勘どころ

上田 智章

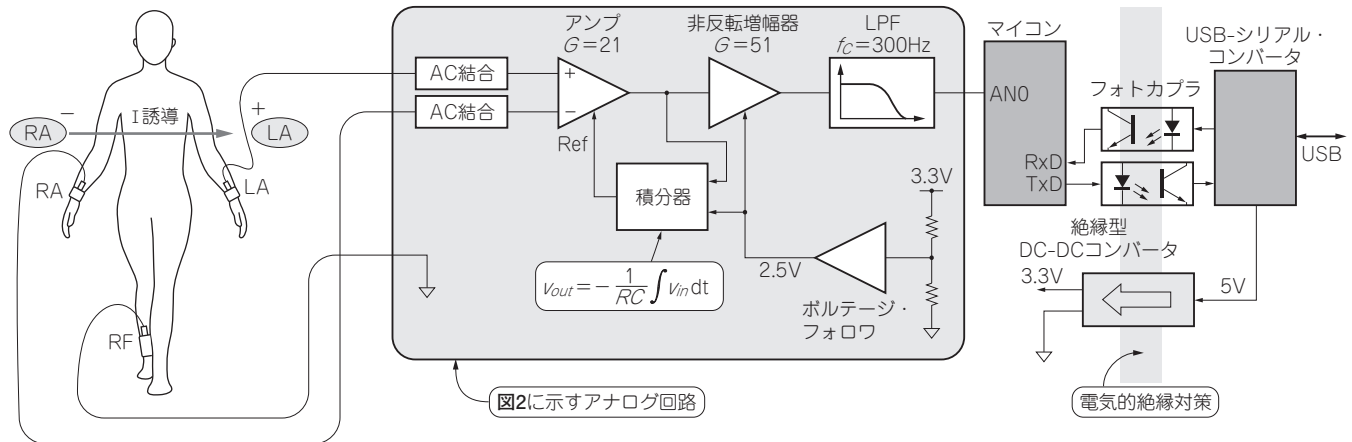


図1 製作した心電計のブロック図
 アナログ回路の設計とACコンセントからの絶縁対策が肝

心電図を観測する際には、人間に電極を付け、心臓内の微弱な電流が作る体表面の電位差を電圧として取り出します。測定波形には、交流電源の周波数である50Hz/60Hzの周波数が信号中に混入することで発生するハムノイズを含みます。これをプログラムで除去する例を紹介します。

ハードウェア

● 人体に接触する部分はACコンセントから絶縁する

図1に典型的な心電計の回路ブロックを示します。USBから給電されていますが、パソコンと心電計回路およびマイコンを電氣的に絶縁するために、絶縁型DC-DCコンバータとフォトカプラを使っています。アナログ信号を絶縁する方法も存在しますが、デジタルで絶縁の方が低価格で済みます。測定中のようすを写真1に示します。

ACコンセントにつながれたパソコンと心電計を電氣的に絶縁する理由は、人体が商用交流電源となんらかの形で接触することが、間違っても起こってはいけなからです。そのため人体に接触する機器は、例えば、ボタン電池で動

くように作っておけば、間違ってもそれ以上の電圧、電流を人体に流すことができないので、安心です。

● 1.5mV_{p,p}の信号を1.5V_{p,p}に増幅する

章末のコラム2図Dに示すように心電図は、P波、Q波、R波、S波、T波、U波からなり、健常者の心電図はおおむね1.5mV_{p,p}程度の電圧振幅を有しています。拡張性心筋症(心室の壁が薄く伸び心臓内部の空間が大きい)の患者では3mV_{p,p}程度の電圧振幅を示すケースがあります。

マイコンのA-Dコンバータの入力電圧範囲は0~3Vだったりします。1.5mVといった微小電圧を、A-D変換を行いやすい電圧レベルに増幅するために、100~1000倍程度の増幅を行う必要があります。

● 周波数帯域幅はDC~100Hzもあれば十分

心電図が最も急激に変化するのはR波の時刻ですが、周波数スペクトルはおおむね最大80Hz程度なので、心電計の帯域幅としてはDC付近から100Hzまであれば十分です。それ以上の周波数成分はノイズを含むだけなので、LPF(ロー・パス・フィルタ)でカットします。

心電波形は電圧振幅が小さい上に、皮膚抵抗が10kΩと