

空間配置自由度の高いキーボードシステム

坂本隼^{†1} 秋田純一^{†1}

コンピュータの情報入力手段としては、現在でもキーボードが有用であるが、個人の「好み」が細分化される傾向があり、「自作キーボード」も流行しているが、回路や筐体の設計などの技術的なハードルがある。本研究では、キースイッチを空間的に自由に配置できるキーボードシステムを提案する。立体的な土台の上に導電布を用いた配線板を敷き、マイコン備えるキースイッチをこの任意の位置に配置し、給電と通信を行うことで、個人の好みを反映したキーボードを容易に製作・調整することが可能となる。

1. はじめに

IT の技術革新によって個人でコンピュータを持つ人が増えており、今後もさらに増えていくと考えられる。コンピュータの情報入力手段としては、現在でもキーボードが有用である。キーボードには、キースイッチのレイアウトやキースイッチの違いによる押し心地・消音性、キーキャップや LED のような見た目といった選択肢が多く存在している。以上のように調整可能なパラメータ数が多いことから、数多くの種類のキーボードが販売されており、個人の「好み」が細分化される傾向がある。その結果、市販にはない形や自分が打ちやすいと考える形を求めて自分でキーボードを作成する「自作キーボード」が流行している。自作キーボードは、図 1 のような一般的な平面状のものはもちろんのこと、レイアウトが山状あるいは谷状に湾曲した立体での作成も行われている。それは親指の運動方向が他の指と違うことや、運指が立体的な動きをすることから立体にキースイッチを配置することで打ちやすくなるとされているためである。自作キーボードが活発になる一方で、自作に必要となるスイッチやマイコン、LED のような電子回路の知識や基板設計、3D プリンタやアクリルカットといったキーボード筐体の設計などの技術的なハードルがある。また、一度作成してしまうと微調整に手間や時間、金銭的な負担がかかってしまうことがあげられる。特に立体キーボードは、パラメータが多いことや基板が平面に設計することが難しいことから試行回数が多くなる。

これらの問題の解決策のひとつとして、キースイッチの位置を自由に変えることができるキーボードシステムを提案する。本システムによってユーザーがキースイッチのレイアウトが簡単に調整や試行でき、自作キーボード作成の支援となる。



図 1 自作キーボードの例

Figure 1 Example of Self-made Keyboard.

2. システム構成

キースイッチの位置を自由に変えられるキーボードはすでに販売されているものもある。例えば DUMANG¹⁾キーボードは、配線が施された平面状のベースボード上にキースイッチを自由に配置し、レイアウトできるキーボードである。そこで本研究では、平面だけでなく立体的に配置できるように、キースイッチ配置の自由度を上げるためのシステムを設計する。

(1) キーボードシステムの設計

3D プリンタや粘土、段ボールなどを用いた立体的な土台の上にベースボードを乗せ、その上にキースイッチを乗せることで立体的に配置が可能になる。またベースボードには柔軟性を持たせるために 2 枚の導電布²⁾を電源線と GND 線として用い、それらが絶縁布をはさむ構造とする。これにより、ベースボード上の任意の位置にキースイッチを配置することができる。このベースボードの導電布を、各キースイッチへの給電と打鍵情報の通信を重畳して行うこととする。

(2) ベースボードとキーユニットの構成内容

キースイッチとマイコン等が搭載された基板一式をキーユニットと呼ぶこととする。キースイッチをベースボード上のどこに配置しても打鍵を感知させるために、キースイッチにマイコンを搭載し、打鍵すると通信を行う。各キースイッチに ID を割り振り、ID を送信することでどれが打鍵されたかを認識する。キーユニットをそのまま使用す

^{†1} 金沢大学大学院
Kanazawa University

る場合は電源・通信・GND で配線が 3 本必要となる。しかし、このままではベースボードに置けるスペースが限られ、自由度が下がるため、1-Wire³⁾と呼ばれる電源線に信号を重畳する規格を参考に、配線を 2 本にまとめる、いわゆる電源重畳通信方式を採用する。仕組みは、電源線を MOSFET で短絡させることで電圧を操作し、電圧が下がった状態を LOW、定常状態の電圧を HIGH として通信を行うというものである。キーユニット基板には、表面に CherryMX 互換のキースイッチ、底面にはマイコン等の部品を実装した。基板の大きさは縦横ともに 19[mm] で、キーユニットをベースボードに固定と配線を行う針が 2 本出ている。針のどちらが電源であっても動作するようダイオードブリッジで整流している。またマイコンは安価で小パッケージの WCH 社の CH552E を用いる。通信中にマイコンにかかる電圧が下がらないようダイオード、安定した電圧をかけるよう電圧レギュレータ (LDO) を使用している。

キーボードシステムの配線の概略を図 2 に示す。キーユニットに給電と通信を行う線を V_{bus} とする。PC とベースボードの間にキーユニットを統括するホストマイコンを置く。キーユニットからの打鍵情報を受信し、それをもとに PC にキーコードを送信する。ホストマイコンには PC からキーボードとして認識できるよう、HID 機能の使用が簡単な Arduino Leonardo を用いた。さらに、電源線上の信号は、コンパレータを介して信号を 0[V] から 5[V] の間に収め、ホストマイコンに送られる。通信は 9600[bps] の UART によって行う。

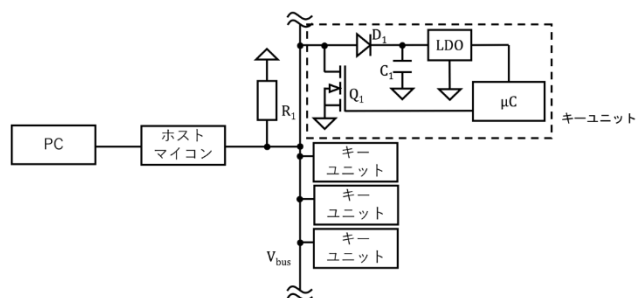


図 2 キーボードシステムの略図

Figure 2 Outline of Keyboard System.

(3) キーユニットのソフトウェア設計

マイコンは起動時にスリープモードに入る。キースイッチに接続されているピンが打鍵されて LOW を検知すると、ウェイクしあらかじめプログラムされている ID をもとに n-ch MOSFET に接続しているピンから LOW または HIGH を出力して信号を送信し、その後スリープモードに入る。

3. システム試作

3.1 シミュレーション

1-Wire では V_{bus} の電圧が上下することから、そのままではマイコンに一定の値で給電できない。そのためコンデンサを用いて電力を供給する。しかし、コンデンサを追加することで信号の波形がなまることから、誤認識の可能性が高まることが懸念される。さらに、キーユニットを多数配置することから分圧の法則によって V_{bus} の電圧が下がってしまう。プルアップ抵抗(R_1)の値を低くすれば電源線の電圧が上がり、波形のなまりも抑えられるが、消費電力が大きくなる。電流を抑えるために n-ch MOSFET の手前に抵抗を置く。以上から電源を確保しつつ信号を読み取れるコンデンサ容量、抵抗値を LTspice で求めた。LTspice で使用した回路図を図 3 に示す。ただし、プルアップ抵抗を R_1 、電流を抑えるための抵抗を R_2 、n-ch MOSFET を Q_1 、コンデンサ容量を C_1 とする。実際に使用するうえでマイコンの代わりに消費電力を 1[mA]として 5[kΩ]の抵抗(R_{Lord})を接続した。送信する信号を V_{Signal} に入力する。以上のキーユニットを 10 個接続させ、11520[bps]で動作させることを目標とした。

結果は R_1 は 200[Ω]、 R_2 は 100[Ω]、 C_1 は 10[μF]にすることで条件を満たすことが確認できた。

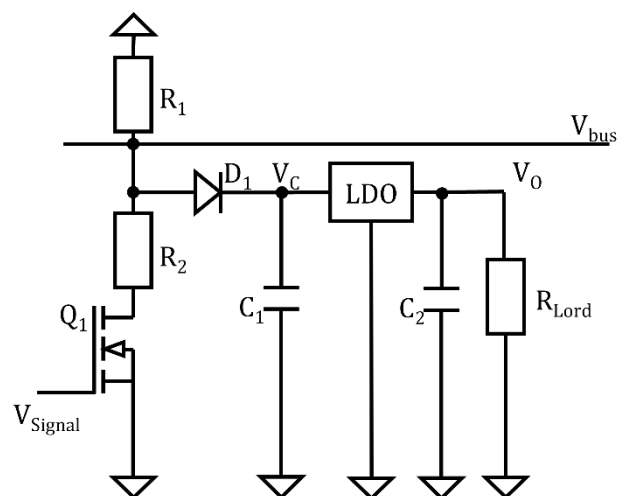


図 3 LTspice で用いた回路図

Figure 3 The Circuit in LTspice.

3.2 実機の作成および検証

先の LTspice の結果をもとに基板の設計および、ベースボードを設計の通り作成し実際に動作確認を行った。結果として想定通り動作することが確認できた。またシミュレーション上ではすべてのマイコンを同じ抵抗値としていた。そのため実機のスリープモードではマイコンの消費電流が 1[mA]を下回るため、実際の構成ではキーユニットを 10 個以上接続できると考えられる。

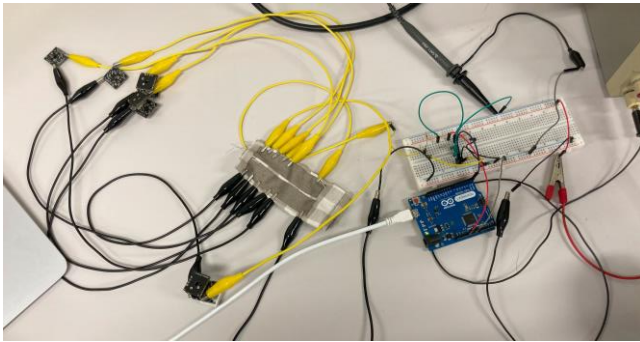


図 4 キーユニットとベースボード，ホストマイコンを接続した図

Figure 4 Figure of connecting Key Unit, Baseboard and Host MCU.



図 5 組み上げたキーユニット

Figure 5 Built Key Unit.

4. おわりに

本稿では，ユーザーがキースイッチを立体的かつ自由に配置し試行できるキーボードシステムを提案し，その研究を行う．今後の予定として，本システムをサブキーボードとしての使いやすさをあらかじめ用意した土台を使った評価とデモ機を用いて負担の少ないキーボードの形状を調査したいと考えている．

参考文献

- 1) DUMANG キーボード製品情報,
www.beyondq.com/超酷科技-毒蟒键盘-模块化键盘-dk6-dumang.html
- 2) 秋田純一, 新村達, 村上知倫, 戸田真志: 空間配置自由度が高いウェアラブルコンピュータ向けネットワークシステム, 情報処理学会論文誌, Vol.47, No.12, pp.3402-3413(2006).
- 3) Kristof Van Laerhoven, Albrecht Schmidt and Hans-Werner