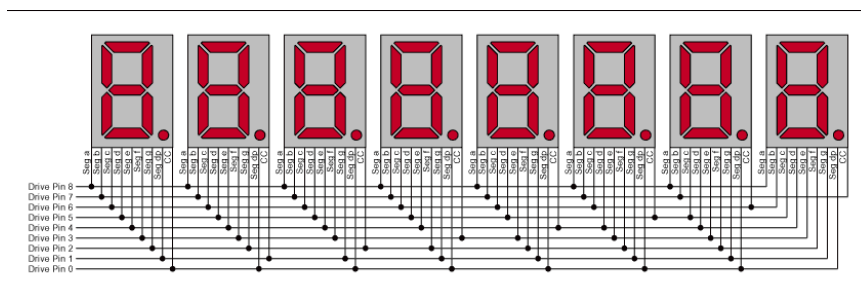


Charlieplexingの考察と 8x8ドットマトリクスLEDへの適用

ikkei

Charlieplexingとは

Charlieplexingとは、LEDの結線を工夫して、駆動する線を節約する方法です。
例えば、7セグメントLEDを8個使用する場合、DPを含めて9本で点灯できます。
このようになります。



はじめに

LEDの接続線を大幅に削減するというCharlieplexingですが、発表は2003年ですから、もう7年前の事になります。今まで、いろいろな形でWebに実験結果などが上がっていますが、原理図にある単体LEDや、オリジナルの7セグの回路以上の展開が無いようです。

今回、私は8x8のドットマトリクスLEDに適用して、Arduinoに8x8ドットマトリクスLEDを2個接続してみました。ところが、Webを調べてみても、そのような2個使いの例が他には無さそうです。

Arduinoにはピン数から8x8ドットマトリクスLEDが1個しかダイレクトにつながらないと思われているようですが、これが2個つなげる事が出来るとしたら、もっと応用範囲が広がると思いますので、発表させて頂きたいと思います。

ikkei

3

オリジナル

CharlieplexingのオリジナルはMAXIM社のこの資料(AN1880)です。
Charlieplexing - Reduced Pin-Count LED Display Multiplexing
<http://japan.maxim-ic.com/app-notes/index.mvp/id/1880>


MAXIM
Maxim > App Notes > AUTOMOTIVE > DISPLAY DRIVERS
Keywords: charlie, charlieplex, charlieplexing, led driver, display drivers, MAX6950, MAX6951, MAX6954, MAX6955, MAX6958, MAX6959, LED drivers
Feb 10, 2003

APPLICATION NOTE 1880
Charlieplexing - Reduced Pin-Count LED Display Multiplexing

Abstract: This application note discusses "Charlieplexing" -- a pin-count reducing multiplex technique used by the MAX6950, MAX6951, MAX6954, MAX6955, MAX6958, and MAX6959 LED display drivers.

This application note discusses how to "Charlieplex" a display driver circuit to reduce pin-count. This unusual multiplex technique is used by the MAX6950, MAX6951, MAX6954, MAX6955, MAX6958, and MAX6959 LED display drivers. Charlieplexing reduces driver pin-count by using some pins alternately as cathode and anode drivers. This differs from the standard LED multiplex connection, which uses separate driver pins for anodes and cathodes.


The standard connection for multiplexing common cathode (CC) LED digits uses a separate pin for each digit's CC connection, while the anode segment connections are communed across all the digits. Similarly, the standard connection for multiplexing common anode (CA) LED digits uses a separate pin for each digit's CA connection, while the cathode segment connections are communed across all the digits. The number of connections required can be calculated as being 1 for every digit used, plus 1 for every segment within a digit. Therefore an 8-digit, 8-segment multiplex driver typified by the MAX7219 and MAX7221 CC drivers uses 8 cathode drive pins and 8 anode drive pins, 16 drive outputs in total (Figure 1).



For Larger Image

Figure 1. The MAX7219 and MAX7221 use standard connections - 16 pins to drive 8 digits.

A more pin-efficient scheme relies on the fact that during the multiplex operation, only one CC or CA digit drive output is actually in use. The other digit drives are high-impedance, ensuring that no drive current flows into these undriven digits. By making the LED drive pins alternate duty between driving digits and segments, n drive pins can be used to drive n digits each with n-1 segments. Charlie Allen originally championed this technique internally at Maxim, and so the shorthand name "Charlieplexing" came into use to distinguish reduced pin count multiplexing from the traditional method. The first Maxim product to use Charlieplexing is the Maxim MAX6951 LED driver, which drives 8 numeric digits with only 9 pins (Figure 2).



For Larger Image

Figure 2. The MAX6951 uses Charlieplexing - only 9 pins to drive 8 digits.

To understand how Charlieplexing works, first examine the pin connections shown in Table 1. There is one row per multiplexed digit, and each row contains 9 columns. For each digit, one column corresponds to the CC digit drive, and the remaining 8 columns correspond to the 8 anode (segment) drives.

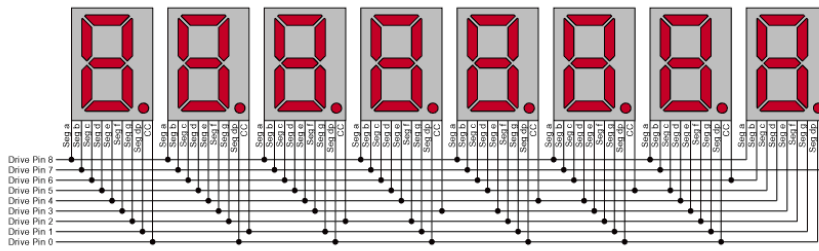
Table 1. The MAX6951 Driver to LED Display Connections

ikkei

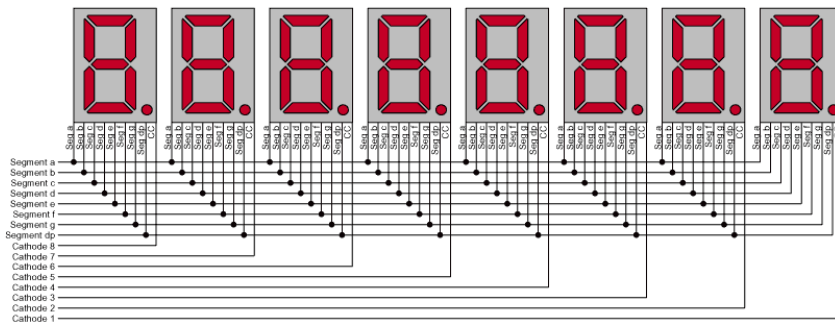
4

7セグメントLEDに適用した場合

ここには、例として7セグメントLEDに適用した回路図があります。9本の線で8桁。
<http://www.maxim-ic.com/images/appnotes/1880/DI217Fig02.gif>



こちらは従来方式。8桁の場合は8+8=16本必要。
 見比べると、上図はコモンの線をセグメントの線と兼用していることが分かります。



ikkei

5

セグメントとデジットの対応表

さらに、セグメントとデジットの対応表があります。
 表示桁に応じて、セグメントの線を交代していることが分かります。

Original (The MAX6951 Driver to LED Display Connections)

	DIG0/SEG0	DIG1/SEG1	DIG2/SEG2	DIG3/SEG3	DIG4/SEG4	DIG5/SEG5	DIG6/SEG6	DIG7/SEG7	SEG8
	Pin 6	Pin 5	Pin 4	Pin 3	Pin 14	Pin 13	Pin 12	Pin 11	Pin 10
LED Digit 0	CC0	SEG dp	SEG g	SEG f	SEG e	SEG d	SEG c	SEG b	SEG a
LED Digit 1	SEG dp	CC1	SEG g	SEG f	SEG e	SEG d	SEG c	SEG b	SEG a
LED Digit 2	SEG dp	SEG g	CC2	SEG f	SEG e	SEG d	SEG c	SEG b	SEG a
LED Digit 3	SEG dp	SEG g	SEG f	CC3	SEG e	SEG d	SEG c	SEG b	SEG a
LED Digit 4	SEG dp	SEG g	SEG f	SEG e	CC4	SEG d	SEG c	SEG b	SEG a
LED Digit 5*	SEG dp	SEG g	SEG f	SEG e	SEG d	CC5	SEG c	SEG b	SEG a
LED Digit 6*	SEG dp	SEG g	SEG f	SEG e	SEG d	SEG c	CC6	SEG b	SEG a
LED Digit 7*	SEG dp	SEG g	SEG f	SEG e	SEG d	SEG c	SEG b	CC7	SEG a

でも、このままではDPを使わない場合も9本必要になります。
 そこで、私はセグメントを入れ替え、DPを使わないときは8本で表示出来るようにし、
 さらに、なるべくセグメントと線の間隔を変えないようにしてみました。

Minimum Difference Connections (Close to Conventional Connections)

	DIG0/SEG0	DIG1/SEG1	DIG2/SEG2	DIG3/SEG3	DIG4/SEG4	DIG5/SEG5	DIG6/SEG6	DIG7/SEG7	SEG8
LED Digit 0	AC0	SEG a	SEG b	SEG c	SEG d	SEG e	SEG f	SEG g	SEG dp
LED Digit 1	SEG a	AC1	SEG b	SEG c	SEG d	SEG e	SEG f	SEG g	SEG dp
LED Digit 2	SEG b	SEG a	AC2	SEG c	SEG d	SEG e	SEG f	SEG g	SEG dp
LED Digit 3	SEG c	SEG a	SEG b	AC3	SEG d	SEG e	SEG f	SEG g	SEG dp
LED Digit 4	SEG d	SEG a	SEG b	SEG c	AC4	SEG e	SEG f	SEG g	SEG dp
LED Digit 5	SEG e	SEG a	SEG b	SEG c	SEG d	AC5	SEG f	SEG g	SEG dp
LED Digit 6	SEG f	SEG a	SEG b	SEG c	SEG d	SEG e	AC6	SEG g	SEG dp
LED Digit 7	SEG g	SEG a	SEG b	SEG c	SEG d	SEG e	SEG f	AC7	SEG dp

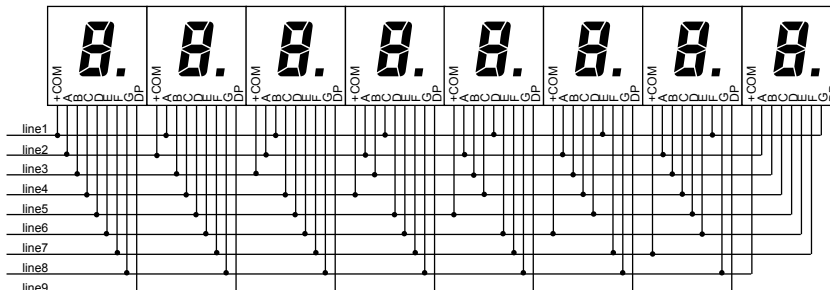
ikkei

6

ikkei-plexing

その回路図がこれです。

ikkei-plexing (Charlieplexing by ikkei)

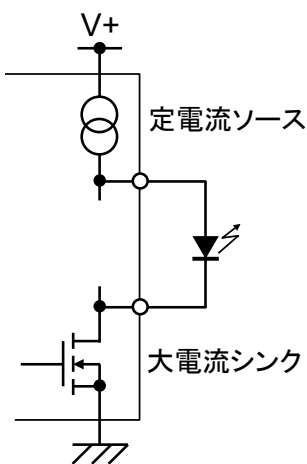


ikkei

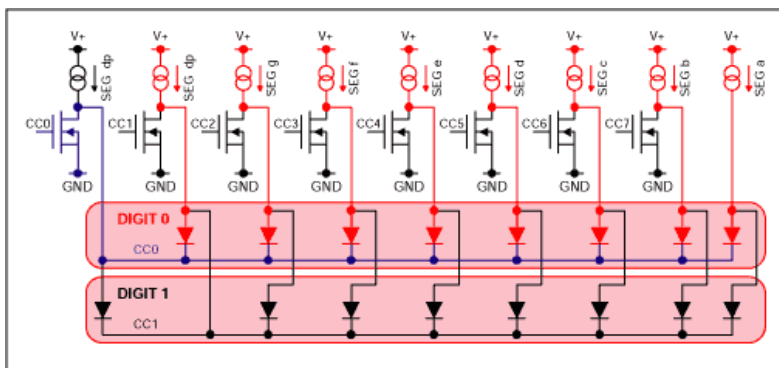
7

電流ブーストランジスタ

さらに、オリジナルでは下記のような専用デバイスを使用しているので、LEDに直結出来ます。



カソードコモン

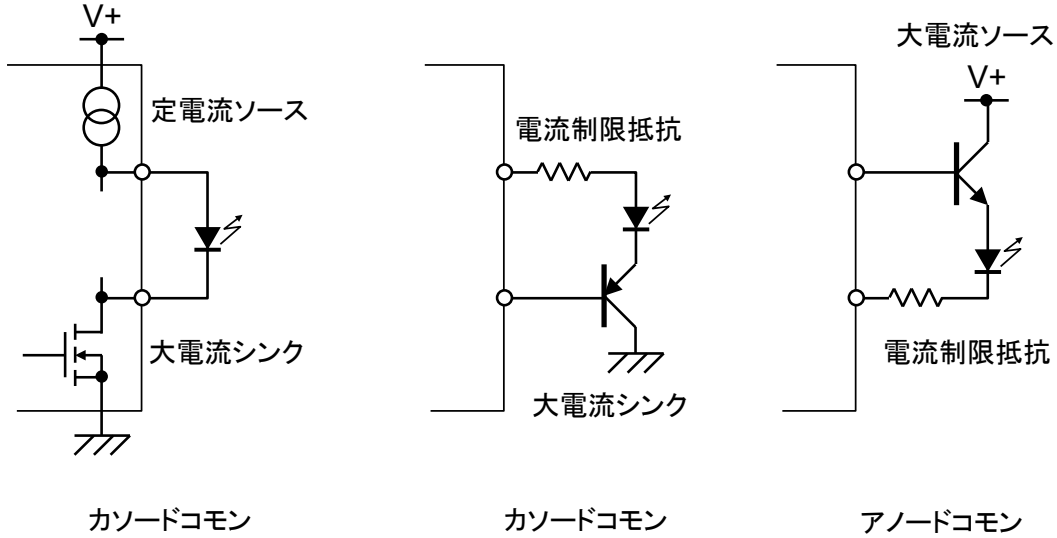


ikkei

8

電流ブーストトランジスタ

でも、一般のマイコンではそうはいきません。
 そこで私は、一般のマイコンの出力につなぐために電流制限抵抗と、コモン線を
 ドライブするために電流をブーストするトランジスタを追加しました。
 このトランジスタはエミッタフォロアなので、ベース抵抗は要りません。

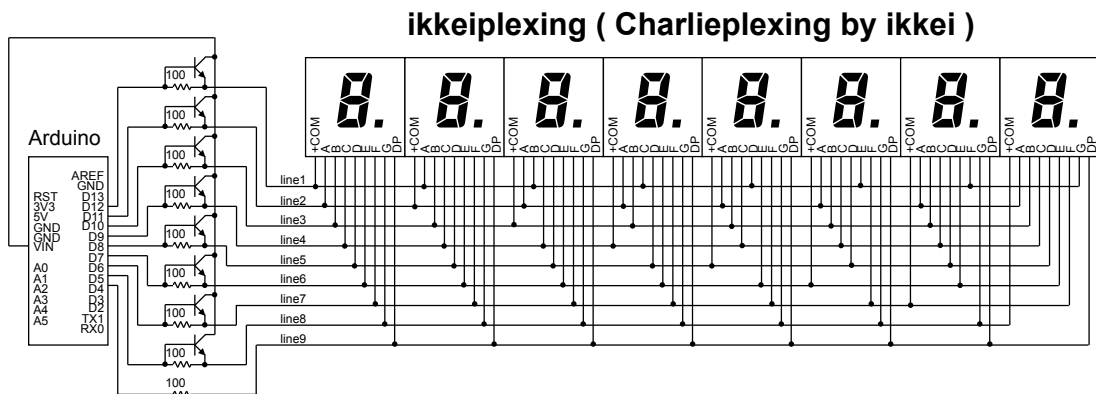


ikkei

9

電流ブーストトランジスタ

これが全体の回路です。
 アノードコモンの場合だとVccより高い電圧をトランジスタのコレクタに掛けること
 ができます。



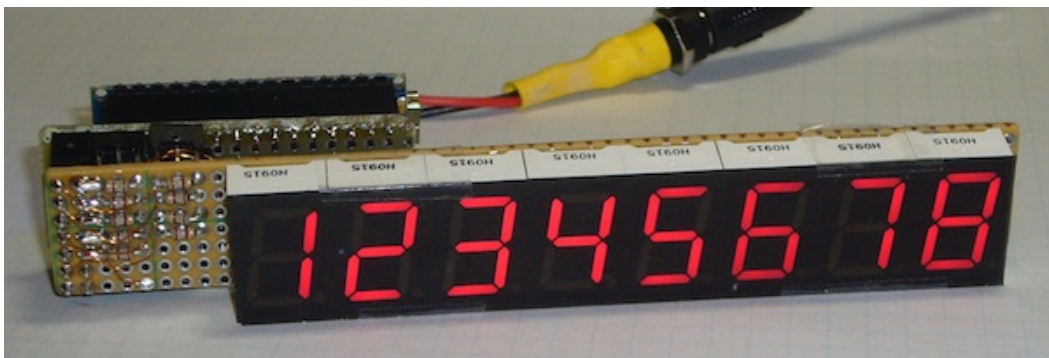
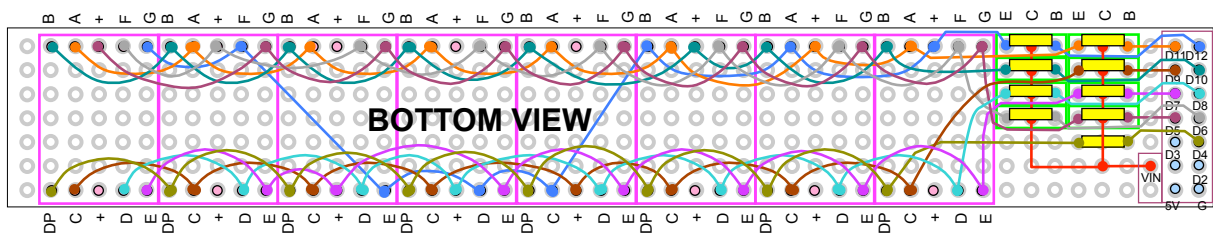
ikkei

10

実態配線図と実物

実態配線図と実物です。

ikkeplexing (Charlieplexing by ikkei)



ikkei

11

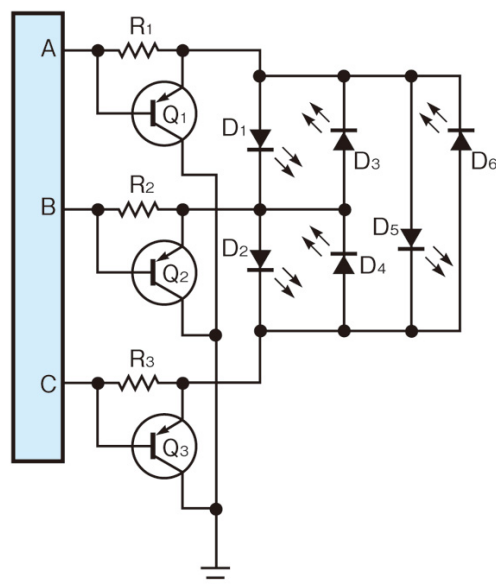
EDNの記事

このブースト回路は、調べてみるとEDNの記事に有るものと同じでした。

少ないI/Oで多数のLEDを制御、同時点灯も可能

<http://ednjapan.rbi-j.com/issue/2009/3/22/2983>

こちらはカソードコモンの場合です。



ikkei

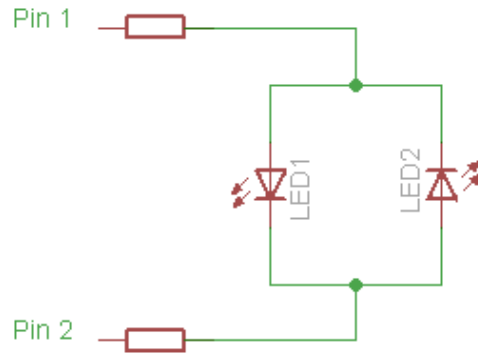
12

原理

それでは、なぜこのような回路が可能になるのかを原理から考察します。
これはWikipediaにも書いてあります。

<http://en.wikipedia.org/wiki/Charlieplexing>

まず、LEDが2個の場合を考え、このように配線します。

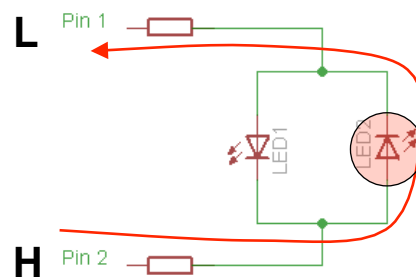
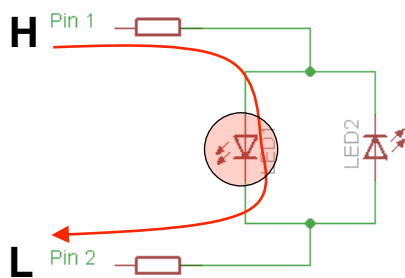


ikkei

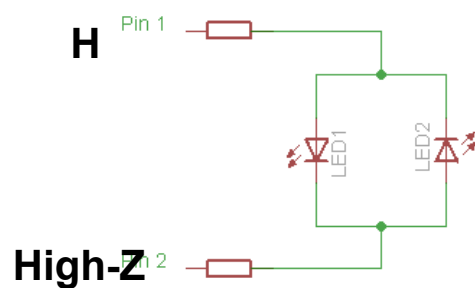
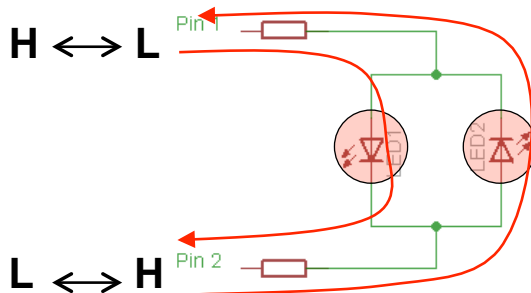
13

2個のLEDの点灯方法

それぞれのLEDを点灯させるには、出力をH, LまたはL, Hにします。



両方点灯させるには高速に切り替えます。片方をHigh-Zにすると両方消灯になります。

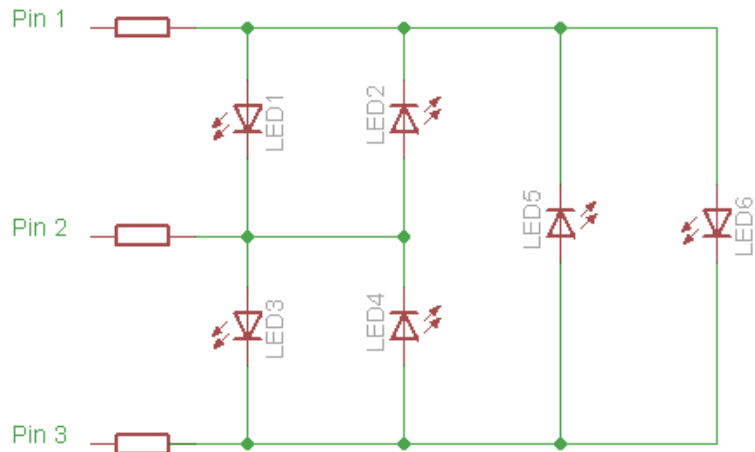


ikkei

14

3本線の場合6個のLED

2本でLED2個だと御利益が無いのですが、3本になるとLEDは6個制御できます。つまりn本の線だと $n \times (n-1)$ 個のLEDを制御できる事になります。従来方式だとnが偶数の場合 $n^2/4$ ですからnが大きいほど効果があることが分かります。

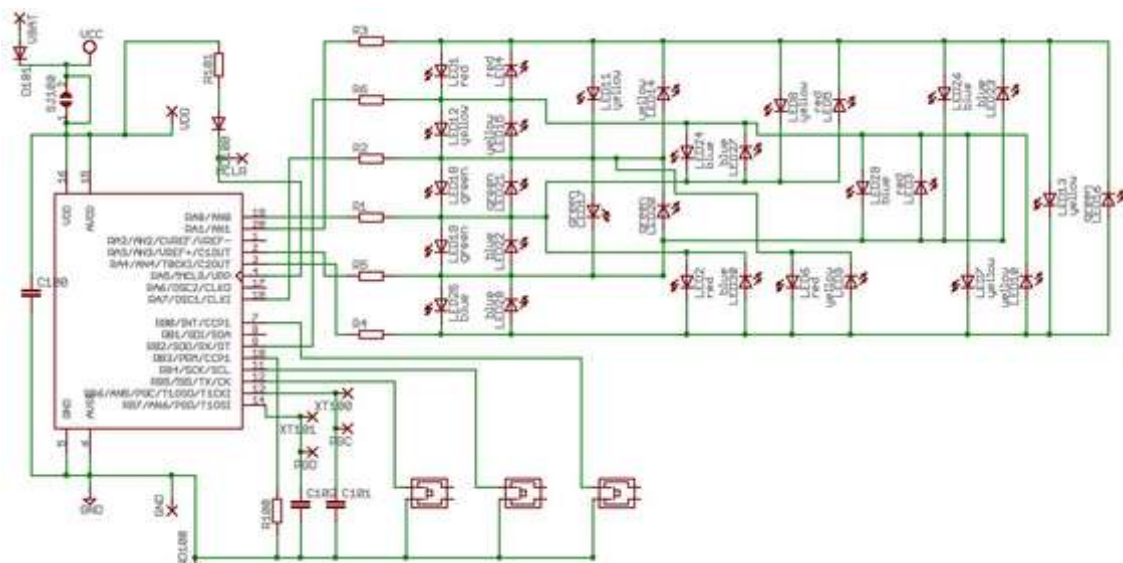


ikkei

15

6本線では30個のLED

例えば、nが6だと30個ものLEDを制御できます。従来方式だと 3×3 の9個。
<http://www.instructables.com/id/Charlieplexing-LEDs--The-theory/step4/Finallya-Charlieplex-matrix/>
しかし、このような書き方だとLEDの数を多くしようとすると、書くのが大変です。

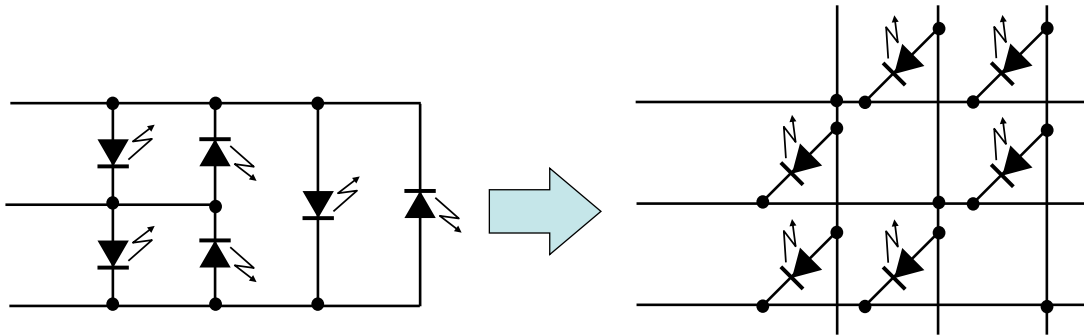


ikkei

16

3本線のマトリクス表記

ところが、
書き方を変えて、3本の場合は右の様に書けば、拡張するのは簡単です。

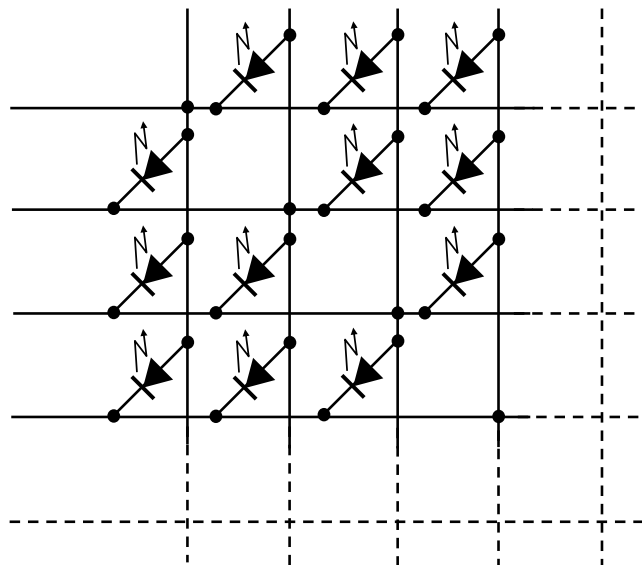


ikkei

17

多くのLEDへ拡張

このように拡張できます。
これを見ると、
この回路を7セグメントに適用したのが始めのCharlieplexingの回路になります。

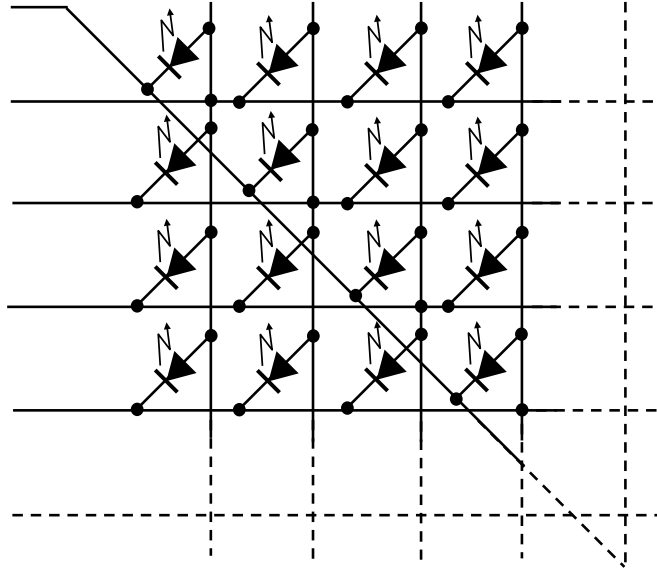


ikkei

18

拡張の一工夫

このように、斜めの部分にLEDを入れていったのが、私の回路と言う訳です。

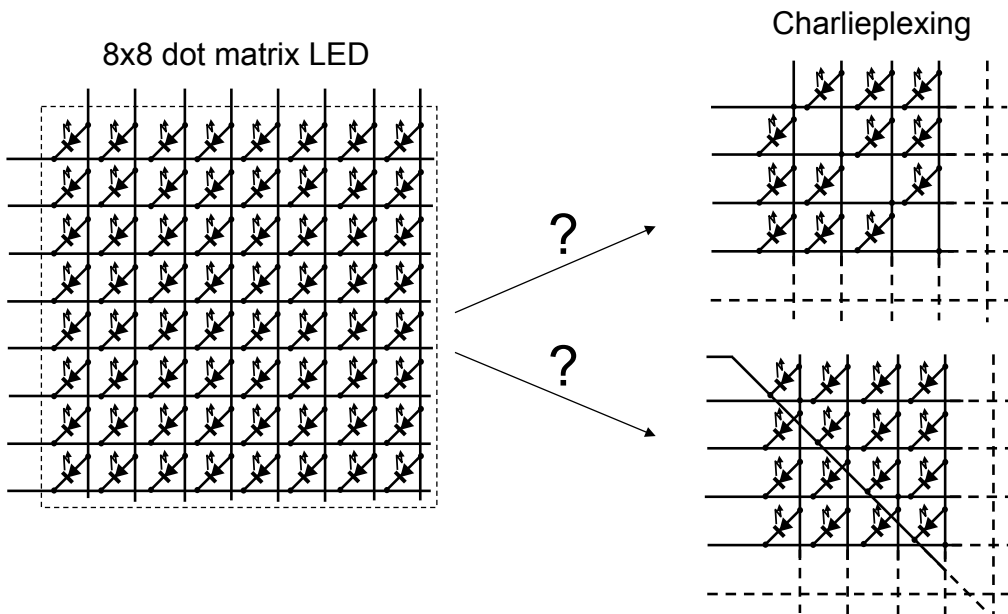


ikkei

19

8x8 dot matrix LEDへの適用

さて、このような回路では、Charlieplexing を 8x8 dot matrix LED に適用するのは一見難しいように見えます。

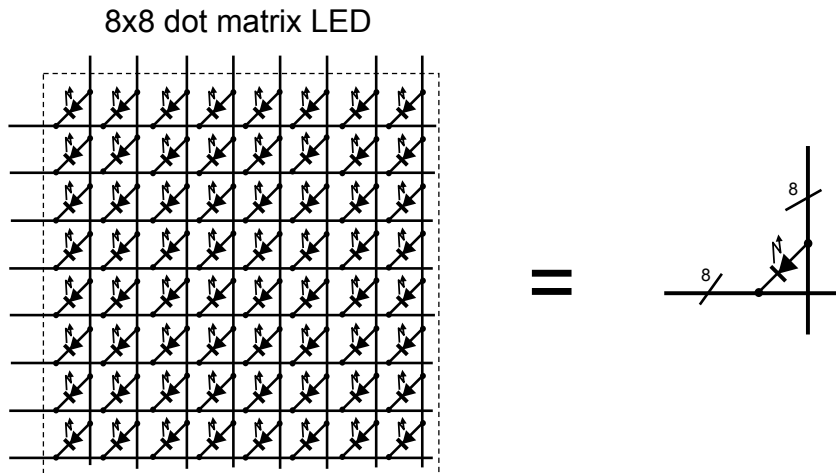


ikkei

20

matrix LEDをひとつのかたまりに

しかし、 $8 \times 8 = 64$ 個のLEDをひとつのかたまりと見なせば右の様に考える事ができます。そうすれば、Charlieplexingを適用することが出来ます。

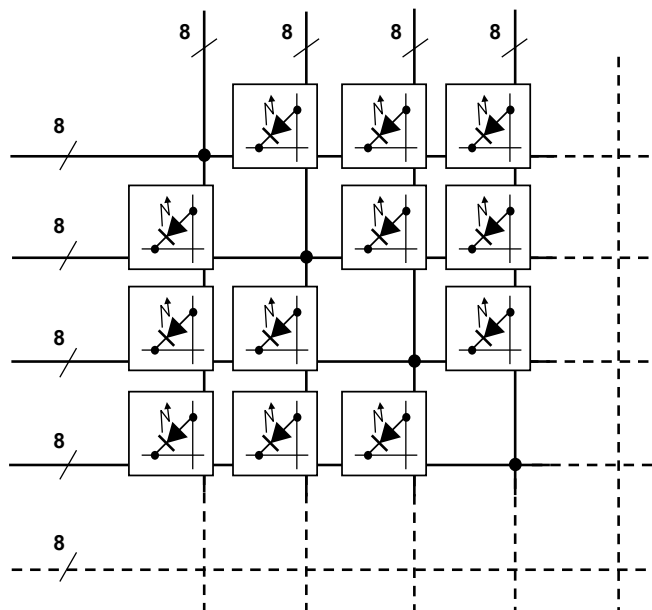


ikkei

21

8x8 dot matrix LED を適用

適用するとこのようになります。

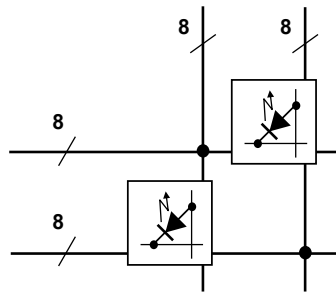


ikkei

22

8x8 dot matrix LED 2個

この場合、最小構成は8x8 dot matrix LED が2個です。
これだと、あまり効果が無いかと思いきや、16本の線で 8x8 dot matrix LED が2個も制御出来るのです。
通常の構成なら、16本では1個しか制御出来ませんから、大いに効果が有ると言うことになります。
特に小さなマイコン 例えばArduino では端子数が多くないので、これは助かります。

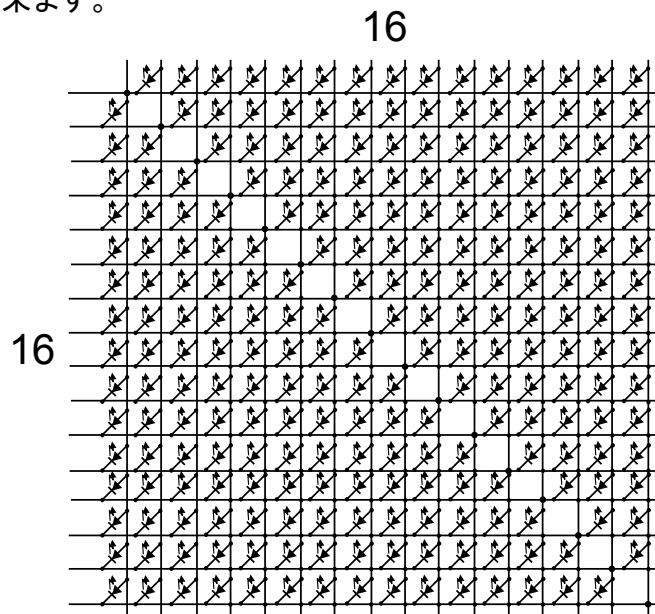


ikkei

23

16本線の場合

また、見方を変えると16本での Charlieplexing の回路はこのようになりますが、8x8 dot matrix LED の場合、この回路の中で8x8の部分だけを使用したものと考えられることも出来ます。

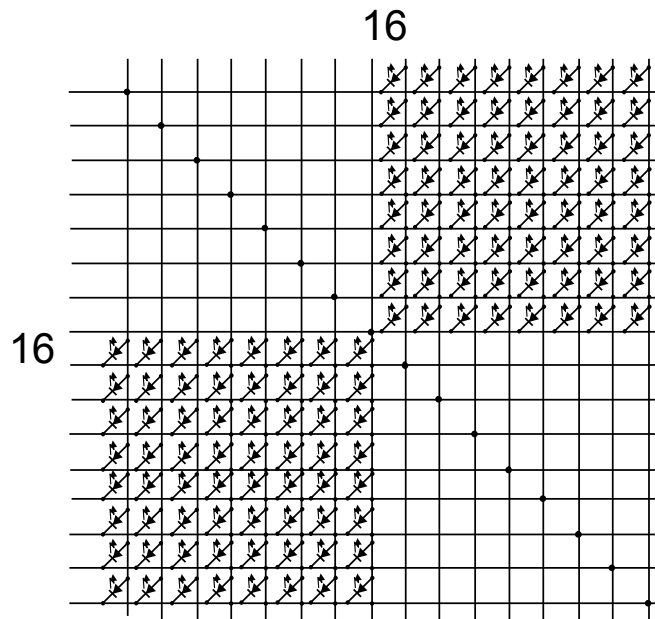


ikkei

24

16本線の一部

このように、部分的に使う訳です。

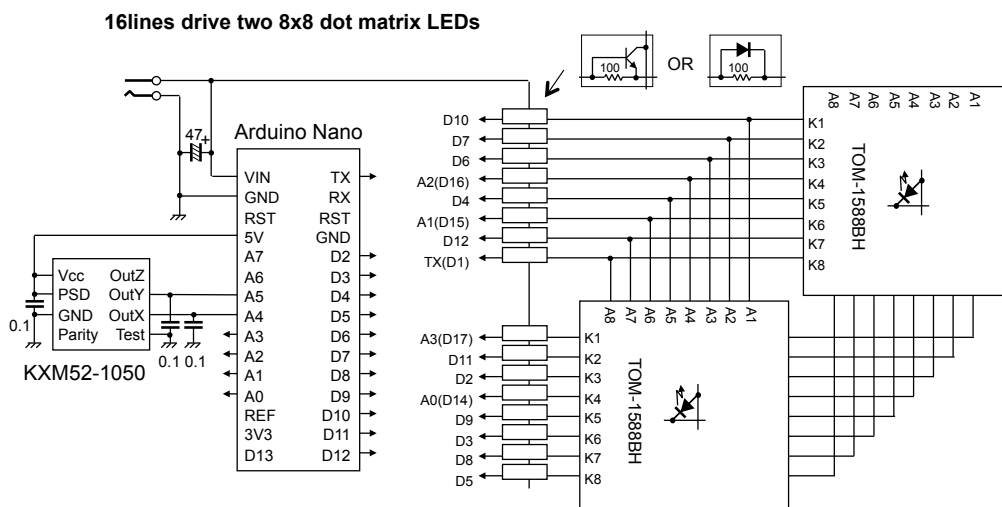


ikkei

25

8x8 dot matrix LED 2個の回路図

それで、作ってみました。回路図がこれです。
トランジスタのブースト回路は、Arduinoのように出力電流が多く取れる場合はダイオードで代用出来ます。

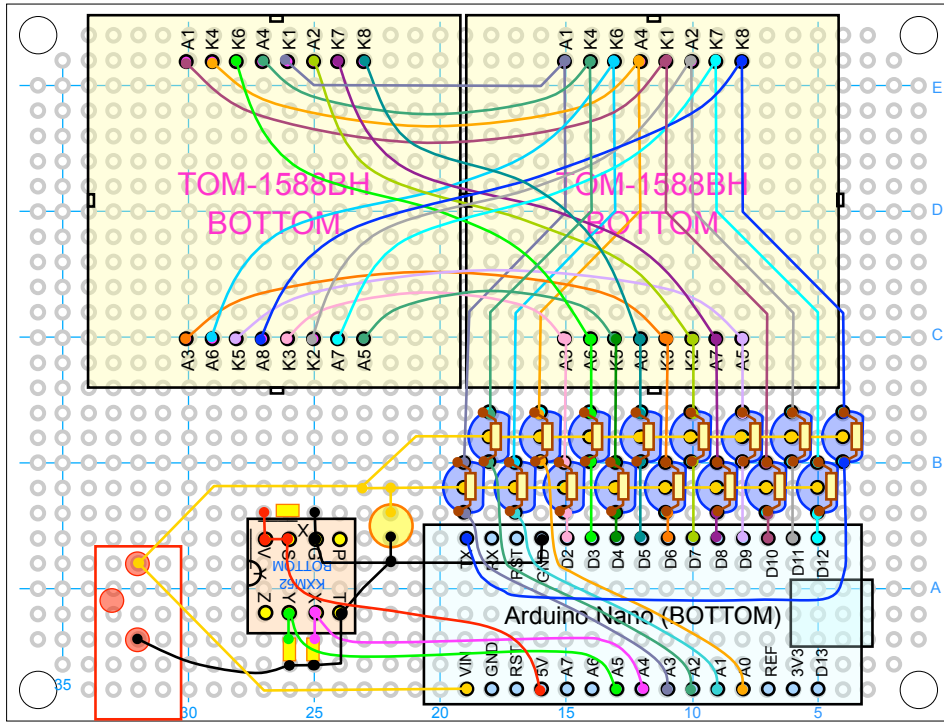


ikkei

26

実態配線図

実態配線図です。

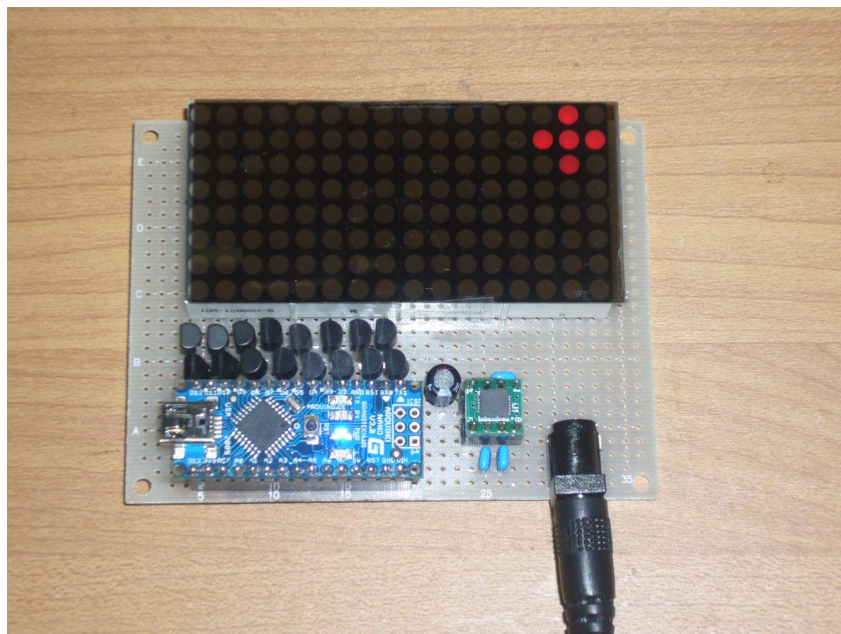


ikkei

27

実物

実物がこれです。



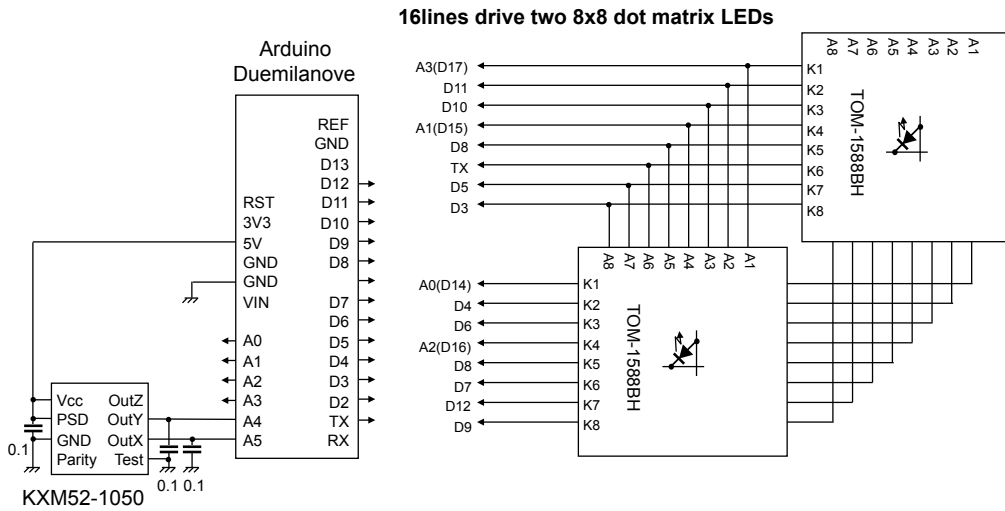
ikkei

28

直結回路

さらに、実験を重ねてみると、Arduino の場合、出力電流が多く取れるので、トランジスタのブーストも無くても輝度ムラがあまり気にならないことが分かりました。ついでに出力端子のFETに少し負担が掛かりますが、電流制限抵抗も省略して直結してしまいました。

実測すると、1個点灯の場合、45mA、3個の場合各20mA、合計がHIGH側で60mAでした。今回のように5個しか点灯しない用途なら許容範囲じゃないかと思います。

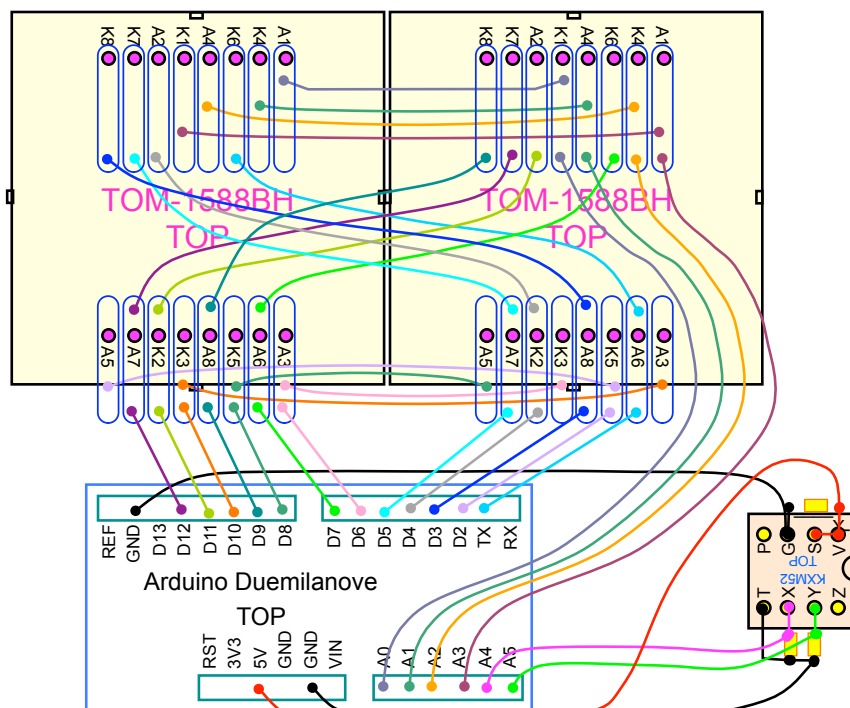


ikkei

29

ブレッドボードの配線

これは、ブレッドボードで組んでみました。

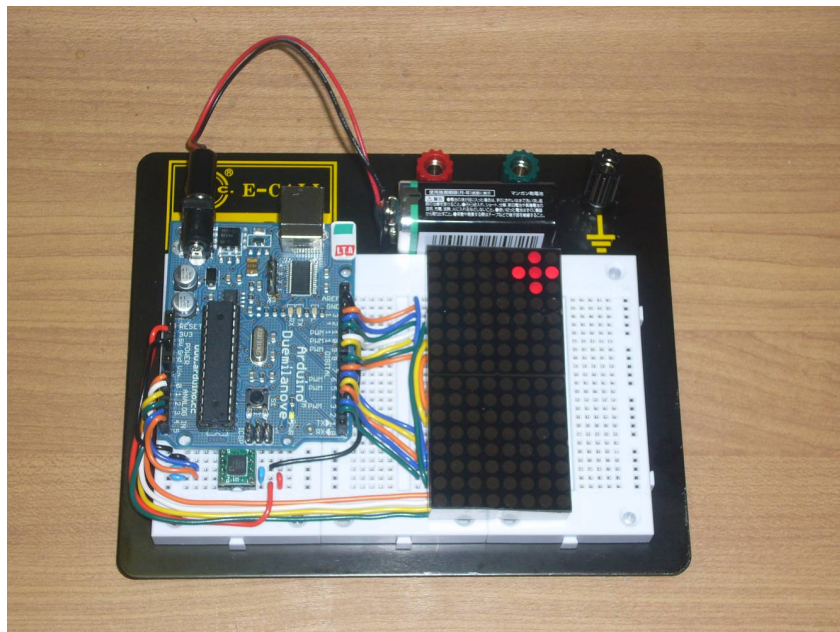


ikkei

30

ブレッドボードの実物

実物がこれです。



ikkei

31

まとめ

Arduinoで8x8 dot matrix LEDをドライブしようとする、通常ならば1個しかドライブできません。
それが、Charlieplexingを適用すると、
同じ16本で2個の8x8 dot matrix LEDをドライブすることが出来るのです。
2個になると応用範囲が広がると思います。
是非活用してみてください。

ikkei

32