



Tokyo Gakugei University Repository
東京学芸大学リポジトリ

<http://ir.u-gakugei.ac.jp/>

Title	PICライタ搭載低価格ロボットカーの開発(fulltext)
Author(s)	山田,朗; 青木,望; 駒井,守
Citation	東京学芸大学紀要. 自然科学系, 61: 163-170
Issue Date	2009-09-00
URL	http://hdl.handle.net/2309/107124
Publisher	東京学芸大学学術情報委員会
Rights	

PIC ライタ搭載低価格ロボットカーの開発

山田 朗* 青木 望* 駒井 守**

技術科学分野

(2009年5月20日受理)

YAMADA, A., AOKI, N. and KOMAI, M.: Development of robot car including PIC writer. Bull. Tokyo Gakugei Univ. Division of Natur. Sci., 61: 163-170. (2009) ISSN 1880-4330

Abstract

In technology education, the introduction of the robot car as teaching material is considered to have good educational result for teaching several fields of technology. In this work, we added a PIC writer function to the low-cost robot car proposed by Yamada et al. (2008). By introducing this PIC-writer robot car, teachers will no longer need to prepare PIC-writers, and students will be able to take back home the robot-car made by themselves.

Key words: Technology Education, Robot Car, PIC

Department of Technology, Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukuikita-machi, Koganei-shi, Tokyo 184-8501, Japan

要旨: 中学校技術科において、ロボットカー教材は技術科の数多くの分野を教授するために有効な教材であるとされている。本研究では、山田ら(2008)の作成した低価格ロボットカー¹⁾にPICライタ機能を追加した。これにより、学校現場でPICライタを用意する必要がなくなり、また生徒が、自ら作成したロボットカーを自宅に持ち帰ることが可能となった。

第1章 研究の背景

中学校技術科において、ロボットカーを利用した授業は、技術科指導要領²⁾の幅広い分野(機械・電気・情報)を学習でき、生徒への有効性も極めて高いとされている^{3), 4)}。しかし、市販されているロボットカー教材は高価(5000円~15000円)であり、生徒一人一人個別に用意することは困難である。また、技術科の限られた授業時間数のため、作成からプログラミングまでの全工程を授業に取り入れることは困難である。

こういった状況から、山田らは、PICで動作を制御する低価格ロボットカー教材を開発した¹⁾。このロボットカー教材は、低価格(2200円程度)であり、全生徒に個別に配布することができる。また、基板作成・本体作成・電子部品のハンダ付け・プログラミングなど、全工程の一部に焦点をあてることにより、柔軟な授業が可能のように工夫されている。一方、永澤らはこの低価格ロボットカーの制御に特化した、中学生でも容易に扱える簡易コーディング機能付きシミュレーションソフトウェアを開発した¹⁾。これにより、生徒1人につき1台の口

* 東京学芸大学(184-8501 小金井市貫井北町4-1-1)
** ハーフマット

ボットカーを製作させることが可能になった^{3), 4)}。

しかし、この低価格ロボットカーは制御にマイクロコントローラ PIC を使用するの、プログラミングには PIC ライタが必要になる。現在一般的に使用している PIC ライタは、秋月電子通商から販売されている Aki-PIC Programmer で、価格は6,700円である。中学校で十分な台数をそろえることは可能であろうが、完成後のロボットカーを生徒が自宅に持ち帰るようにするためには、PIC ライタを台数分用意し、生徒に配布しなければならない。また、鈴木らの低価格ロボットカーをプログラミングするためには、PIC をロボットカーから取り外し、PIC ライタへ取り付けてプログラムを書き込む必要があり、授業が滞る要因になる。さらに、取り外しの際に PIC を破損する恐れや、生徒が怪我をする恐れも考えられる。

この研究では、鈴木らの低価格ロボットカー教材に PIC ライタの機能を搭載することで、これらの問題を解決することを試みた。費用は多少あがるものの、この PIC ライタ搭載低価格ロボットカーにより、PIC をロボットカーに搭載したままでのプログラミングが可能となり、円滑な授業が可能になる。また、生徒一人一人が完成したロボットカーを自宅に持ち帰ることが可能となる。

第2章 ロボットカーの概要

2.1 オンボードプログラミング

PIC をロボットカーに搭載したままのプログラミング(オンボードプログラミング)により、円滑な授業が可能となり、同時に、PIC の損傷、生徒の怪我の防止が可能となる。

ある回路へのオンボードプログラミングを実現する方法として、回路基板にプログラミング用のソケットを取り付け、アダプタでそのソケットからコンピュータへプログラミングに必要な信号を取り出す方法(ICSP: In Circuit Serial Programming)と、PIC ライタの機能をロ

ボットカーの回路にそのまま搭載する方法がある。

ICSP は、IC ソケットから、プログラミング用のクロックとデータ、VDD (電源)、GND (グラウンド)、VPP (プログラミング用電圧) の合計 5 本の信号と電源を制御して PIC をプログラムする。外部アダプタを必要とし、作業時間の削減にはなるが、コスト削減の効果は期待できない。

そこで、本研究は、無償で提供されている簡易型 PIC ライタである JDM プログラマの機能を鈴木らの低価格ロボットカーに搭載した。JDM プログラマの回路を図 1 に示す。JDM プログラマは非常に安価であり(1,000円以下)、回路図が無償で公開されており、回路が簡単で非常にコンパクトである。さらに、PC のシリアルポートから電源を供給する方式であり、専用の電源が不要である点も利点として挙げられる。参考 URL に JDM プログラマのサイト URL を記す。

2.2 基本構成

PIC ライタ搭載低価格ロボットカーの回路は、一枚の基板で構成されている。ロボットカーとしての制御部・駆動部と、PIC ライタとしてのライタ制御部とに分かれており、それらが一体となって回路を構成する。制御部回路図を図 2 に示す。

SW1 を切り替えることによって、ロボットカーと PIC ライタの機能を切り替えることが可能である。基板上に D サブコネクタを搭載し、シリアルポートから電源を供給することで、オンボードプログラミング可能な状態となる。LED1 はプログラミング確認用の LED で、プログラミングが行われている際に点滅する。

また、センサには、フォトフレクタには半固定抵抗を回路に搭載し、抵抗値を変化させることでセンサーの感度を調整することができるようにした。

PIC ライタ搭載低価格ロボットカーのセンサ部回路図を図 3 に示す。

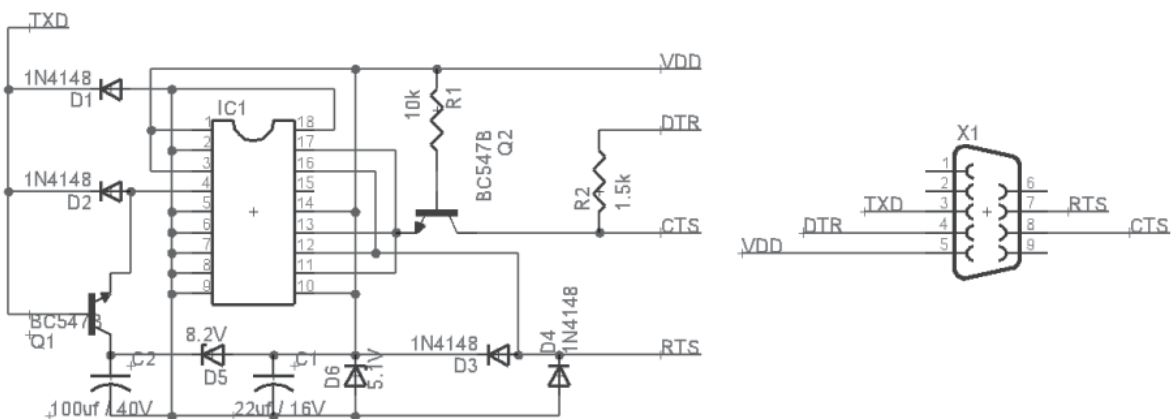


図1 JDMプログラマの回路図

半固定抵抗上のダイヤルは、1メモリが10kΩである。10段階の調節が可能で、100kΩまで抵抗値を変化させることが可能である。

また、鈴木らの低価格ロボットカーでは、制御用に5Vの電源、駆動用に3Vの電源を別々に必要としていたが、

PICライタ搭載低価格ロボットカーでは、昇圧型DC-DCコンバータを搭載することによって、コンバータが3Vの電源を5Vの電源に引き上げ、単一の3V電源のみで起動が可能になった。搭載されている昇圧型DC-DCコンバータを図4に示す。

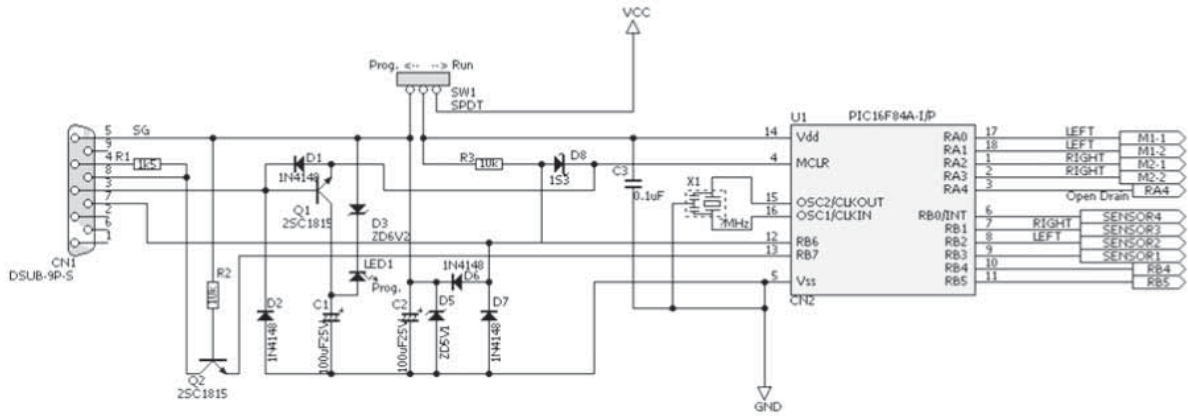


図2 PICライタ搭載低価格ロボットカーの回路図(1) 制御部

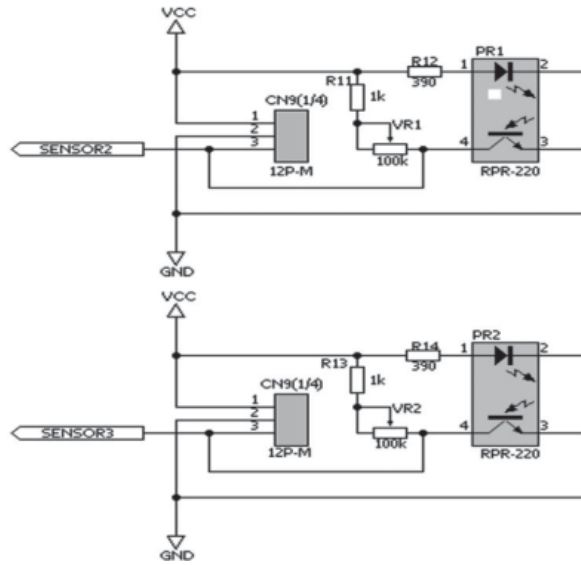


図3 PICライタ搭載低価格ロボットカーの回路図(2) センサ部

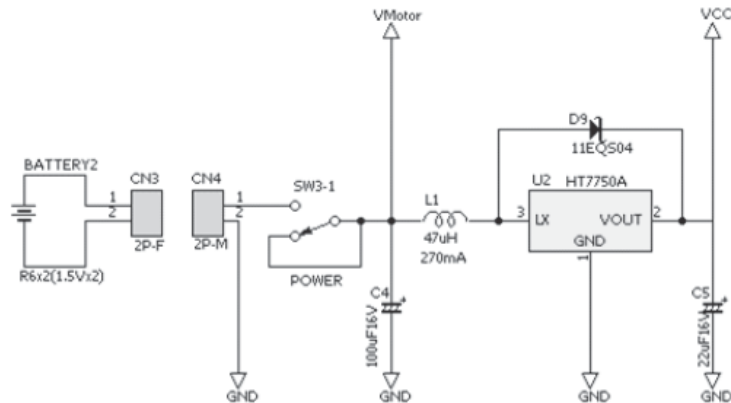


図4 PICライタ搭載低価格ロボットカーの回路図(3) 電源部

この昇圧型 DC-DC コンバータは、インダクタ、ダイオード、スイッチ素子、コンデンサで構成され、DC-DC コンバータ HT7750A を中心に動作している。SW3 を切り替えることで、3V を 5V に昇圧することが可能となっている。L1 はインダクタで、逆起電力を発生させ、高い電圧を発生させる。D9 は整流用に使用されているショットキーバリアダイオードである。入力電力から希望の出力電力を得るためのスイッチング電源に用いられるショットキーバリアダイオードは、電圧降下が少なく、高精度、高効率のために用いられる。

図5はモータを駆動するための回路である。PIC の出力を4個のリレーで制御し、モータを正転・反転させる。この部分については、鈴木らの低価格ロボットカーと変更はない。

2.3 総費用

回路基板を自作し、部品を1台分で購入した場合、PIC ライタ搭載低価格ロボットカー1台分の総費用は3038円となる。部品を大量購入する場合、また、基板製作を外部の基板製作会社に委託する場合によって総費用は変化する。

部品は多く購入するほど単価が低下するので大量購入するほうが得策といえる。回路基板を自作し、部品を可能な限り大量購入した場合、PIC ライタ搭載低価格ロボットカー1台分の総費用は2852円となり、3000円を下回ることになる。部品価格の詳細については付録にて後

述する。

以下にさらに細かい価格調整を記す。

① PIC 用18ピン IC ソケット

丸ピンの場合、単価が40円だが、平ピンの場合単価が10円となる。

② コネクタ用丸ピン IC ソケット (20ピン)

単価が70円である。電源との接続用に使用している。回路には2ピンずつ計3組必要で、20ピンの内、1ピンの単価が3.5円であるので、1台当たり21円となる。また、場合によってはコネクタ用に使用せずに省略することも可能である。

③ ジャンプワイヤ、エナメル線

コネクタと電源を接続する際に使用する。コネクタとジャンプワイヤで接続する場合、配線作業が比較的楽になるが、ジャンプワイヤは1本100円と非常に高価であり、配線に4本使用するので、総費用に400円上乗せすることになる。

PIC ライタ搭載低価格ロボットカーの部品表、及び費用を図6に示す。

第3章 書き込み用ソフトウェア

本研究で作成した PIC ライタ搭載低価格ロボットカーでは、書き込み用ソフトウェアに無償で提供されている IC-Prog を使用する。参考 URL に、ソフトウェアのサイト URL を記す。

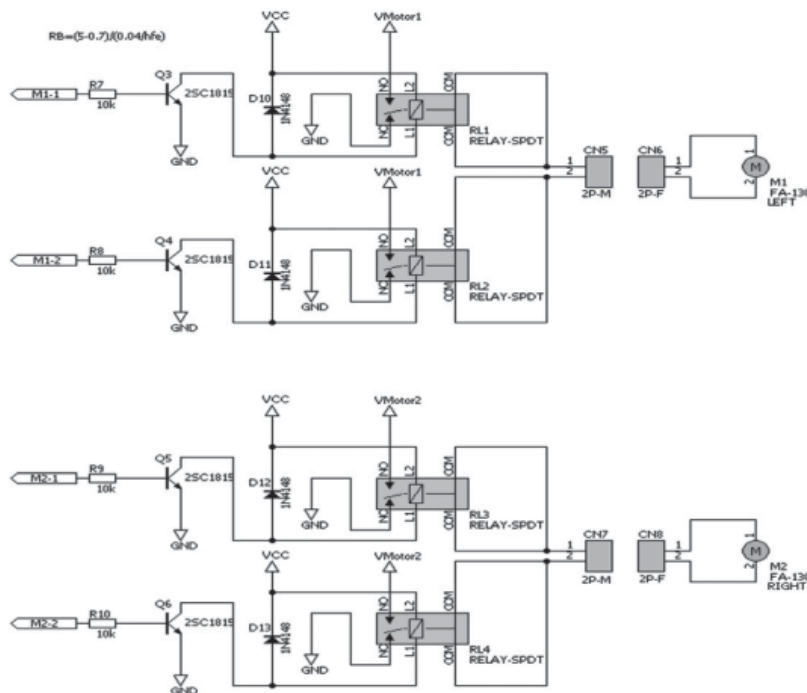


図5 PIC ライタ搭載低価格ロボットカーの回路図 (4) 駆動部

記号	部品名	型番等	数量	備考	参考価格	価格
CN1	Dサブコネクタ	9Pメス	1	基板取付用Lタイプ	1個50円、10個500円、秋月電子通商	50
CN2	ICソケット	18P、DIP	1	丸ピン	1個50円、10個400円、秋月電子通商	50
CN3~CN9	コネクタ		1	2.54mmピッチ		
C1, C2, C4	アルミ電解コンデンサ	100 μ F - 25V	3	85 $^{\circ}$ C、直径5mm	東儀工業製、1個21円、10個100円、サトー電気	63
C3	積層セラミックコンデンサ	0.1 μ F - 50V	1	リードピッチ2.5mm	村田製作所製、10個100円、秋月電子通商	10
C5	アルミ電解コンデンサ	22 μ F - 25V	1	85 $^{\circ}$ C、直径5mm	東儀工業製、1個21円、10個100円、サトー電気	21
D1, D2, D6, D7, D10~D13	小信号周波数ダイオード	1N4148	8		フェアチャイルド製、50個100円、秋月電子通商	16
D3	ツェナーダイオード	RD62EB	1	5.2V - 500mW	NEC製、1個21円、20個315円、サトー電気	21
D5	ツェナーダイオード	RD651EB	1	51V - 500mW	NEC製、1個21円、20個315円、サトー電気	21
D8, D9	ショットキーバリアダイオード	1S3	2	30V - 1A	11EOS04でも可、1個30円、秋月電子通商	30
L1	インダクタ(コイル)	LHL206NB 470K	1	47 μ H - 270mA(線型)	太陽誘電製、1個40円、共立電子産業	40
LED1	発光ダイオード	赤色	1	直径3mm	10個100円、秋月電子通商	10
PR1, PR2	フォトセンサー	RPR-220	2	フォトリフレクタ	ローム製、1個136円、共立電子産業	272
Q1~Q6	NPNトランジスタ	2SC1815GR	6		20個100円、秋月電子通商	30
R1	炭素皮膜抵抗(小型)	1.5 Ω - 1/4W	1	S2タイプ(1.6W可)	1個105円(50個315円)、サトー電気	105
R2, R3, R7~R10	炭素皮膜抵抗(小型)	10k Ω - 1/4W	6	S2タイプ(1.6W可)	1個105円(50個315円)、サトー電気	63
R5, R6	酸化金属皮膜抵抗	33 Ω - 2W	2		1個26円、共立電子産業	52
R11, R13	炭素皮膜抵抗(小型)	1k Ω - 1/4W	2	S2タイプ(1.6W可)	1個105円(50個315円)、サトー電気	21
R12, R14	炭素皮膜抵抗(小型)	390 Ω - 1/4W	2	S2タイプ(1.6W可)	1個105円(50個315円)、サトー電気	21
RL1~RL4	5V小型リレー	Y14H-1C-5DS	4	接点容量1A	1個80円、10個700円、秋月電子通商	320
SW1	スライドスイッチ	SS-12SOP2	1	基板取付用	日本開閉器製、1個63円、共立電子産業	63
SW2	不機用					
SW3	トグルスイッチ	ON-ON	1	基板取付用、スリム	1個30円秋月電子通商	30
U1	マイコン	PIC16F84A-20 P	1		10個300円、秋月電子通商	300
U2	DC-DCコンバータ	HT7750A	1		HOLTEK製、1個63円、共立電子産業	63
VR1, VR2	半固定抵抗	GF063P1	2	100k Ω	TOCOS製、1個63円、共立電子産業	126
X1	セラミック	CSTLS20M0X51	1	20MHz	村田製作所製、1個40円、10個300円、秋月電子通商	40
その他	ジャンパ線		11		ゼロオーム抵抗(0R)使用可	
その他	プリント基板					
その他	電池ボックス			単3電池2本用		
その他						

図6 部品表

第4章 自作基板と発注基板

4.1 自作基板と発注基板

PIC ライタ搭載低価格ロボットカーの制御・駆動基板は、それぞれの学校の授業形態や環境によって最善の選択が可能となるように、自作基板と発注基板の二種類から選べる。これら二種類の基板にはそれぞれ利点と欠点がある。

自作基板は、市販されているポジ感光基板を利用して製作を行う。感光基板の原板は、紙フェノールやガラスエポキシなどの素材の上に普通の銅板が貼り付けられているものとなる。

自作基板は非常に低コストである。サンハヤト株式会社のポジ感光基板 10K (約400円) から、PIC ライタ搭載低価格ロボットカーの基板を二枚製作することが可能である。このため、基板の単価は一枚辺り200円となる。また、回路図作成、基板製作、穴あけというように、「ものづくり」の要素を多く含んでおり、「A 技術とものづくり」の内容を幅広く学習できることも利点として挙げられる。しかし、基板製作の工程で露光やエッチングを行うため、露光機やエッチングマシンといった大掛かりな設備が必要になる。加えて、手間がかかるため、技術の

授業時間数が少ない中学校では、十分に授業時間を確保することが非常に困難である。

これに比べ、発注基板は、回路作成を行って、それを元に基板製作会社に発注依頼をし、基板製作の工程を省略することにより、エッチング等ができない学校でも本ロボットカーを利用した授業実践が可能となる。基板製作の工程が省略されるため、ものづくりとしての要素は減少するが、表面にレジスト加工が施されており、ハンダ付けが容易になる。しかし、基板製作を依頼することになるので、自作基板に比べて3~4倍程度コストが上昇する。

自作基板のためのマスク、部品取りつけ図を図7から図9までに示す。

第5章 「電伝君」を用いた授業

5.1 授業での利用形態

基板製作のための設備を用意することが困難である、授業時間が少ない、というように中学校によって授業形態は大きく変わることが予想される。PIC ライタ搭載低価格ロボットカーは、鈴木らの低価格ロボットカーと同様、自作基板の利用・発注基板の利用によって、中学校

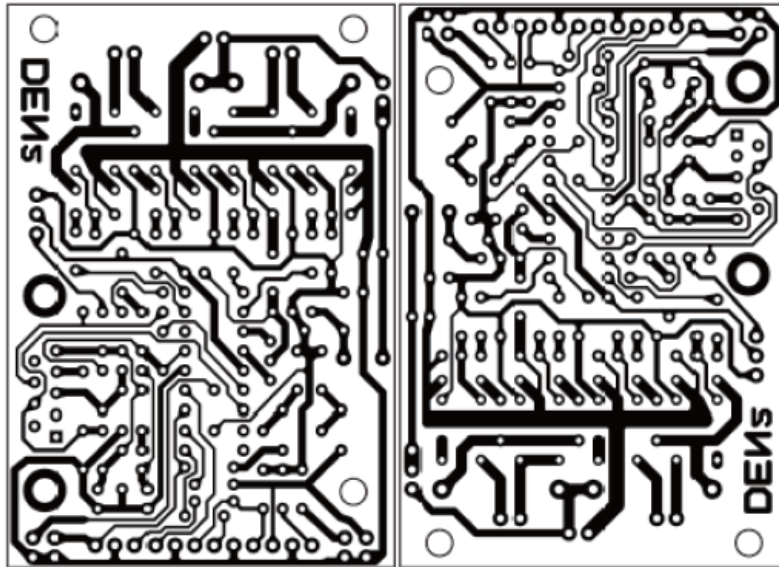


図7 自作基板のためのマスクパターン

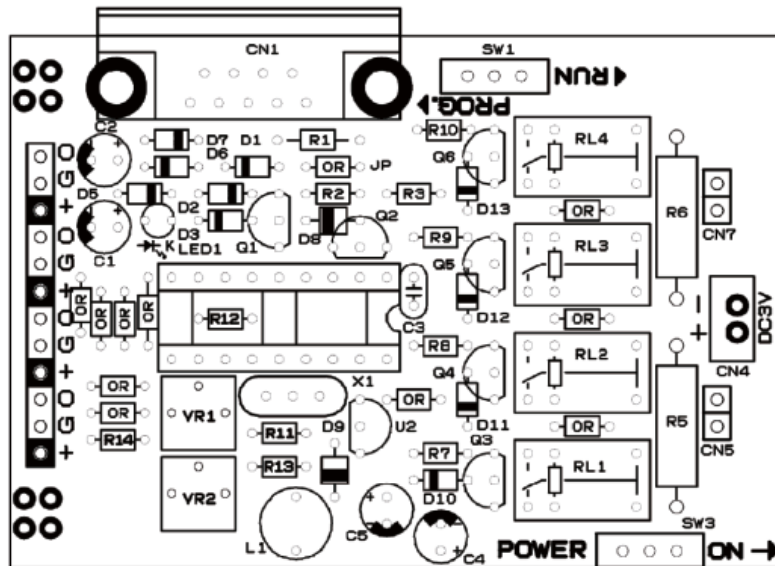


図8 部品取り付け表 (表)

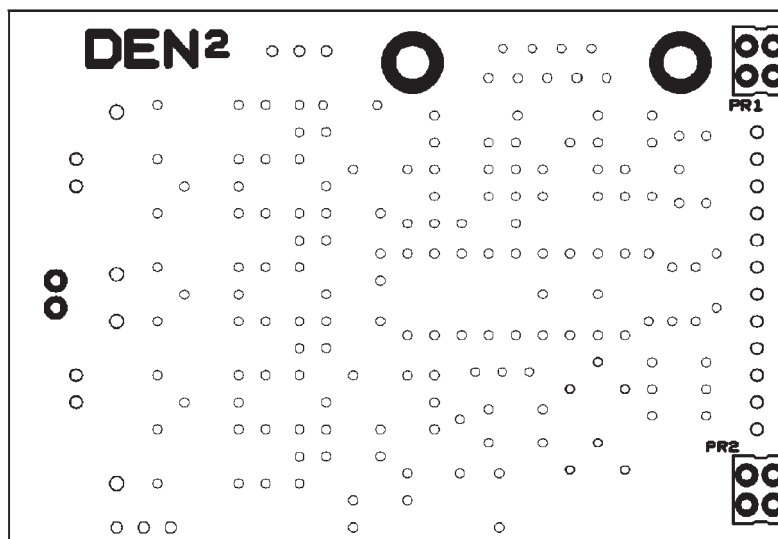


図9 部品取り付け表 (裏)

の授業形態に合わせて柔軟に対応できるため、非常に自由度が高いと言える。

①PICライタ搭載低価格ロボットカー（自作基板）

授業時間が十分に確保することと、基板製作の設備を整えることが可能であるが、PICライタを十分準備することが困難な授業形態。

②PICライタ搭載低価格ロボットカー（発注基板）

授業時間の確保と基板製作の設備、PICライタを十分準備することが困難な授業形態。

③鈴木らの低価格ロボットカー（自作基板）+ PICライタ

授業時間を十分に確保することができ、基板製作の設備とPICライタの準備が十分に整っている授業形態。これら利用形態のなかで、「電伝君」のコストが最も低い。

④鈴木らの低価格ロボットカー（発注基板）+ PICライタ

授業時間の確保と基板製作の設備は十分ではないが、PICライタの準備が十分な授業形態。

③④に関しては、JDM プログラマを製作させて、Aki-PIC Programmer の代わりに JDM プログラマを使用することも可能である。JDM プログラマを授業時間内に、生徒に製作させる場合、コストの低下は期待できるものの、授業時間を十分に確保することが困難になる恐れがある。

また、鈴木らの低価格ロボットカーを教材として長い期間での利用を考え、毎年数台ずつのPICライタの購入が可能の場合、短期的に時間削減とコスト削減の効果が現れることはないが、長期利用をすることで最大限の効果が現れる。

限られた条件ではあるが、生徒が十人を超える場合、コストに関しては通常の鈴木らの低価格ロボットカーを製作させる方が、効果を期待できる。しかし、十人に一台PICライタを与える割合では作業時間が長くなってしまい、授業時間の確保が困難になる。作業時間削減に関しては、PICライタ搭載低価格ロボットカーを製作させる方が効果を期待できる。

5. 2 授業実践

教材の評価を行うために、小金井第一中学校、選択技術の授業（50分）にて4名の生徒に試作をさせた。今回は基板製作を省略し、自作基板の製作を行った段階から授業を開始した。4人とも4回分の授業で製作することができ、動作確認を行った。鈴木らの低価格ロボットカーと比較すると、部品が多くなり、回路が細くなったため、ハンダ付けの難易度が上昇したものの、細い小手先と、細いハンダを使用することで中学生にも製作可能であることを確認することができた（図10）。

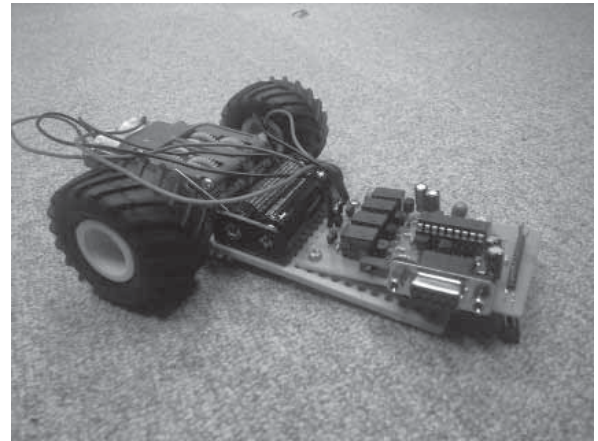


図10 PICライタ搭載低価格ロボットカー

第6章 まとめ・今後の課題

6. 1 まとめ

PICライタの機能を鈴木らの低価格ロボットカーに組み込むことによって、設備が不十分な学校にも対応可能となり、時間の削減と授業時間の確保にもつながった。また、PICライタの機能を組み込んだことによって、基板の加工方法、低価格ロボットカーの利用形態、それぞれの学校環境に応じて対応可能な、柔軟で幅広い教材として提案することができるようになった。

6. 2 今後の課題

昨今のパソコンは、シリアルポートに対応していないものも多いので、ほとんどのパソコンが搭載しているUSBポートに対応した回路の作成が必要であろう。また、現在搭載しているPIC16F84Aは、ロボットカーには機能が多すぎ、これを下位機種種のPICに置き換えることによって、さらにコスト削減が可能である。

授業実践が十分でないため、教材としての評価が不十分であることも問題である。新学習指導要領においては、選択技術等の授業がなくなるので、技術の授業時間の削減が著しい。このため、多くの授業実践を踏まえ、効率的な授業案の確立が必要である。

参考文献

- 1) 山田朗, 青木望, 永澤悟, 鈴木秀一, 坂本潤一, 2008, 中学校技術科におけるロボットカー教材の開発, 日本教育工学会第24回講演論文集, p228, 265
- 2) 中学校学習指導要領解説-技術・家庭科-, 1998, 文部省
- 3) 斎藤与志朗, 山田朗, 坂本潤一, 2008, 中学校技術科におけるPICを用いたロボットカーの授業実践, 日本教育工学会第24回講演論文集, p138, 651

- 4) 坂本潤一, 山田朗, 2008, 中学校技術科における PIC を用いた低コストロボットカーの授業実践, 日本産業技術学会第20回関東支部大会講演要旨集, p.19

参考URL

- 1) JDM プログラマ <http://www.jdm.homepage.dk/newpics.htm/>
- 2) IC-Prog <http://www.ic-prog.com/>