

# Principle and Application of Automatic Accompaniment System Based on MIDI Protocol

Chengyunlong Li

Yamaha Instrument Audio (China) Investment Co., Ltd., Shanghai, 200042, China

## Abstract

Contemporary arrangement keyboards, electronic organs (including the Electone double key electronic organ), and other electronic keyboard devices all have automatic accompaniment functions, and some professional software and hardware devices such as arrangers and arrangement software also have this function. Under the MIDI protocol as a fundamental technology in today's music production field, automatic accompaniment systems based on the MIDI protocol have also become the mainstream implementation form of automatic accompaniment systems, providing great convenience for live singing and performance, music arrangement and composition, and other work. The paper elaborates on the principle and working mode of an automatic accompaniment system based on the MIDI protocol from a technical perspective, and points out how it uses the MIDI protocol to interpret input music information and generate harmony and rhythm based on it. The paper also explores the advantages of these systems, such as ease of use, flexibility, and adaptability, as well as some challenges they face, such as limitations in musical expression and difficulty in identifying complex chords, it also describes and looks forward to their application scenarios and future development.

## Keywords

automatic accompaniment; MIDI; electronic organ; arranger keyboard; computer music

## 基于 MIDI 协议的自动伴奏系统原理及应用

李成云龙

雅马哈乐器音响(中国)投资有限公司, 中国·上海 200042

## 摘要

当代编曲键盘、电子琴(包括Electone双排键电子管风琴)等电子键盘设备均具有自动伴奏功能,而一些如编曲机、编曲软件等专业软硬件设备也同样具备该功能。在MIDI协议作为当今音乐制作领域的基础性技术下,基于MIDI协议的自动伴奏系统也成为自动伴奏系统的主流实现形式,为现场演唱与演奏、音乐编曲作曲等工作提供了极大便利。论文从技术角度阐述基于MIDI协议的自动伴奏系统的原理与工作方式,指出其如何利用MIDI协议解读输入的音乐信息,并据此生成和声与节奏。论文还探讨了这些系统的优势,如易用性、灵活性和适应性,以及它们面临的一些挑战,比如音乐表现力的局限性和对复杂和弦的识别难度,并对其应用场景与未来发展进行描述与展望。

## 关键词

自动伴奏; MIDI; 电子琴; 编曲键盘; 计算机音乐

## 1 自动伴奏系统概述

伴奏辅佐主旋律,其编写需要按照主旋律的情感发展确定和声进行,利用合理的配器法为多种乐器形成的旋律声部和打击乐声部编写相应的旋律线,在声部上组合形成和声与织体,在时间上展开形成乐段,最终与主旋律共同形成完整的音乐作品。而自动伴奏系统指的是为用户演唱、演奏的旋律实现自动或半自动地实时合成伴奏的系统,是当代电子琴(包括Electone双排键电子管风琴)、编曲键盘等电子键盘乐器的核心系统之一,也是编曲机、编曲软件等专业音频

设备的重要组成部分。

20世纪六七十年代,电子乐器使用分立元件或小规模集成电路实现发音。为实现自动伴奏功能,常使用分频器、计数器等器件产生节拍信号,触发相应电路输出打击乐音和低音。田进勤<sup>[1]</sup>、陈学煌<sup>[2]</sup>等人利用类似方式实现了简单的自动伴奏功能,并设计制作自动伴奏机。自20世纪70年代以来半导体工艺与计算机科技的发展,尤其是将MIDI协议引入自动伴奏系统,自动伴奏的功能与效果得到了极大增强。

MIDI协议将数字乐器的发声、声音塑形、效果器与混音等多种功能用一套标准进行规定,为乐音合成提供了精准且通用的控制方法<sup>[3]</sup>。自动伴奏系统根据用户输入信息,输出合适的乐器、音符和控制指令给音源系统,即可生成伴

【作者简介】李成云龙(1991-),男,中国山东潍坊人,本科,从事计算机音乐研究。

奏<sup>[4]</sup>。目前主流的自动伴奏系统均以 MIDI 协议作为其核心运行机制，包括带有自动伴奏系统的电子琴或编曲键盘、编曲机或编曲软件<sup>[5]</sup>等。

## 2 基于 MIDI 协议的自动伴奏系统的原理

自动伴奏系统是一套典型的用户信息处理程序代码，运行在嵌入式计算机或个人计算机上，完成用户信息识别和伴奏乐音生成等任务。

### 2.1 系统架构与运行机制

不同风格的音乐有着不同的配器与织体，但目前的软件算法尚无法理解和把握音乐风格，于是主流的自动伴奏系统都是将制作人按照各种音乐风格编写的伴奏模板，根据用户所希望的和声与段落，进行实时或非实时地演算处理与循环拼接，生成伴奏乐音。按照如上过程，形成自动伴奏系统的一般架构，如图 1 所示。

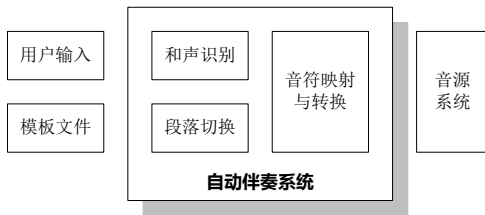


图 1 自动伴奏系统架构

自动伴奏系统根据用户输入信息，分析得到和声与乐段信息；将模板文件中保存的 MIDI 片段中的音符按照一定规则进行映射与转换，输出至音源系统，完成自动伴奏声音合成。

### 2.2 用户输入信息与自动伴奏模板文件

用户输入信息主要包括和弦信息、段落信息等。段落信息可通过面板按键、触摸屏、计算机键盘或鼠标等传统的通用设备来输入，而和弦信息的输入则有着一定的复杂性。若使用设备自带的 MIDI 键盘或外接 MIDI 键盘，通常需利用和弦识别算法对用户演奏音符进行识别分析，得到和弦信息；若使用其他输入方式，则可以由用户在设备或软件界面中选择或编写自己希望的和弦进行，完成和声走向。如今广泛接受的和弦识别方式是在 MIDI 键盘上按柱式和弦来识别，系统分析各个音符间的音程关系来推算和弦类型，通过一定的简化，将常用的和弦形式囊括在五个键之内，即用户按下最多五个键就可输入大多数和弦类型。但某些和弦在转位时会与其他和弦产生重复。所以越是复杂、紧张感越强烈的和弦，识别的难度也越大。

在获得和弦与段落信息后，自动伴奏系统将对模板文件提供的 MIDI 片段进行处理。模板文件中同一风格、不同编配复杂度的 MIDI 片段按顺序和标记在时间轴上排列，不同的段落占据不同的小节位置和长度。自动伴奏系统识别用户输入的段落信息，跳转至用户所需段落对应的 MIDI 片段播放，当该片段播放完成时，重新返回片段起始处（单段循

环）或跳至下一个片段开始处（段间跳转），如此拼接后输出完整伴奏。模板文件结构与段落拼接方式如图 2 所示。

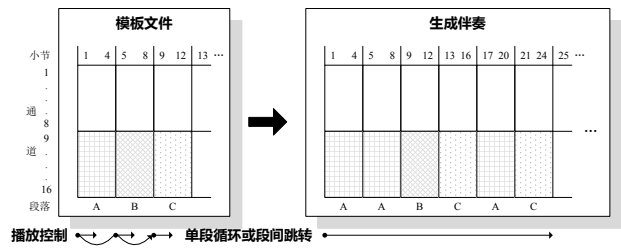


图 2 模板文件结构与段落拼接方式

模板文件中也包含自动伴奏系统运行时所需要的其他信息，如音符转换与映射规则、音色与面板设置数据等。因此，模板文件都是各个厂商按照各自的自动伴奏系统要求而形成的专有格式，不同厂商但具有相同扩展名的自动伴奏模板文件不能通用。

### 2.3 音符映射与转换规则

音符映射与转换规则的作用就是根据用户输入的和弦信息，将模板文件中的音符按照一定的规则，移动到和弦内音上并输出，以此产生正确的和声。

第一，自动伴奏系统需要知道模板文件中各个音符对应着和弦中的哪个组成音。制作人在制作模板文件时会以一个确定的和弦进行编配，一般是以 C 调大七和弦作为模板和弦。自动伴奏系统也以 C 调大七和弦作为基准，识别出模板文件中的各个音符属于和弦中的哪个音级，便可据此音级信息，把相应的音符向所需和弦的组成音上进行映射与转换。

第二，自动伴奏系统需要明确音符映射与转换时的方式，即音符转换规则。由于模板和弦为 C 调大七和弦，当生成其他的和弦类型时，需要将和弦中的音符进行映射与转换：根音要转换到目标和弦的根音上；三级音要根据目标和弦的属性而转换到大二度、大三度、小三度或纯四度音上；五级音则向减五度、纯五度或增五度上转换；七级音则可以向六度、七度、八度甚至九度、十三度进行转换。该音符映射与转换规则的过程如图 3 所示。

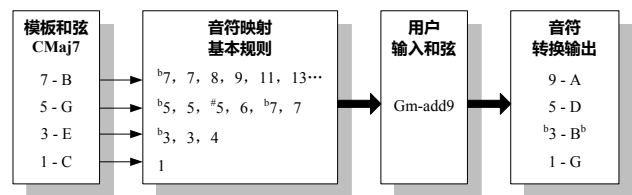


图 3 基本的音符映射与转换规则

以上是自动伴奏系统遵循的最基本的音符映射与转换规则，实际应用时还会针对演奏单音、柱式和弦、琶音等不同乐器或声部使用不同的映射规则。有些自动伴奏系统会专门针对如吉他等某一类乐器而设置独特的规则，如图 4 所示。或者充分利用模板文件，在不同的小节或者通道上编写额外

的旋律,在特定的和弦或段落下触发播放,实现更加复杂的伴奏效果。



图4某编曲键盘制作模板文件吉他声部时使用的吉他模式

将这些音符映射与转换规则保存进自动伴奏系统。在模板文件制作时为每个声部指定一种或若干种规则,自动伴奏系统即可按照规则进行音符映射与转换。不同厂商设计的自动伴奏系统大致遵循以上运行机制,但在一些细节上有所区别,也造就了不同厂商的自动伴奏效果不同。所以音符映射与转换规则是影响自动伴奏系统生成伴奏效果好坏的重要因素。音符映射与转换规则越详细,自动伴奏系统设计越复杂,模板文件制作难度越大,但生成的伴奏效果也越好。

### 3 基于 MIDI 协议的自动伴奏系统的局限性

自动伴奏系统作为由使用固定算法的计算机程序构成的系统,其自身亦存在诸多限制条件,生成的伴奏效果也存在若干局限。

#### 3.1 MIDI 系统与模板文件造成的局限

自动伴奏系统基于 MIDI 协议,也受制于 MIDI 协议。MIDI 编配的精细程度与投入精力成正比,其自身存在就是追求制作效率与实现效果的平衡。目前广泛使用的 MIDI 1.0 版本协议中,大部分信息作用于通道,尚无法对同一通道内的单个音符进行调整。这些因素导致自动伴奏系统生成的伴奏乐音在编配复杂度、表现效果等方面弱于经验丰富的制作人精心编配的完整 MIDI 编曲,更不如专业的演奏家使用乐器实录的作品。

自动伴奏系统的模板文件在制作时,对各种控制器信息的应用有着严苛的限制。这些限制虽能保证自动伴奏系统平稳运行,但也限制了伴奏效果。而且模板文件中的每个 MIDI 片段的编配样式和长度都是受限的,制作人只能使用较简单的配器来表现某个音乐风格的特点,且在长度上需适当缩减。这些局限导致自动伴奏乐音具有很大的重复性,听感比较机械死板。

#### 3.2 和声识别与音符转换算法造成的局限

自动伴奏系统能够识别的和弦类型有限。尤其在需要实时识别和弦时,系统所识别出的和弦未必符合用户意图,造成和弦识别失准甚至错误,影响伴奏效果。自动伴奏系统

在进行音符转换时,对于模板文件中某些旋律存在的过渡音也不能准确处理,有时会导致输出音符不满足和弦要求,破坏伴奏乐音的整体和声效果。

自动伴奏系统无法理解音乐作品中的情感发展,所以在和弦切换时只能机械地进行音符转换,各个声部无法形成符合情感发展的旋律线,听感平庸死板,有时甚至产生不恰当的和声连接,影响作品表达情感。

自动伴奏系统作为有固定逻辑的计算机程序,其行为在编程时就得以确定。自动伴奏系统生成的伴奏乐音具有机械性与重复性,无法达到富有经验的音乐家编配演奏的水准。但自动伴奏系统因其独特之处,在一些领域得到广泛应用。

## 4 基于 MIDI 协议的自动伴奏系统的应用

自动伴奏系统最大的特点就是能够方便地合成出伴奏乐音,效果虽然不够完美但也可以接受,且软硬件成本低廉,适用于创作编曲小样、现场演唱或演奏、教学等诸多场合。

### 4.1 为作曲、编曲快速搭建配器及和声框架

为一段旋律进行编曲制作,得到一首完整的音乐作品,需要制作人兼具艺术鉴赏能力与音频制作技术。在编曲过程中,制作人需要将不同乐器的旋律分别录入音序器。在这个过程中缺少对作品整体效果的把控,制作人在录完所有乐器后仍需对作品进行反复调节甚至部分推翻重做,过程繁杂,耗时费力,增加时间和人力成本。制作人对作品的敏锐程度在枯燥的重复劳动中慢慢消散,导致最终作品效果欠佳。

在作曲或编曲过程中引入自动伴奏系统,可以在一定程度上简化制作过程。制作人只需选择符合作品预期风格的模板文件,输入和弦与段落信息,自动伴奏系统就能生成包含打击乐声部、低音声部、和声声部等具有基础声部以及和声进行的伴奏乐音。制作人即可直接试听,具备了整体把握作品效果的条件,进而编写主旋律,或在此框架基础上细致调整,修正不恰当的和声连接,添加更多体现和弦或配器色彩的乐器旋律。如此便可减轻制作人在编曲前期工作上的劳动强度,保持制作人对作品效果的敏锐感知,将更多精力集中于最终作品的效果调整上,降低制作成本,提高作品品质。

### 4.2 为现场演唱或演奏提供伴奏

现场演唱或演奏时,若能为演唱者或演奏者配以伴奏,则可极大提高演唱或演奏的表现力。由演奏家或乐队、乐团进行现场伴奏,效果固然好,但人力与时间成本较高,且对演出场馆的规模、录音扩音条件等硬件规格有一定要求。小型演出活动需要寻找成本低、便捷性高的伴奏方式。除了使用如钢琴、吉他等单乐器伴奏外,也可以尝试引入电子琴、编曲键盘等的自动伴奏系统,提供层次更加丰富的伴奏效果。这种为现场演唱或演奏提供实时伴奏的方式,在酒吧、教堂等小型演出场所,或学校教室、音乐厅等教学场所得广泛应用,为歌手或乐手的演唱与演奏,或为声乐、器乐方

向的学生提供伴奏。

电子琴、编曲键盘等设备的自动伴奏系统主要强调自动伴奏的实时性。所以和弦以及段落信息要由演奏者实时输入，自动伴奏系统也需要实时地合成伴奏乐音。为了满足实时性，自动伴奏系统会在输出效果上产生一定妥协，伴奏乐音中可能会出现少量和弦外音，在和弦切换时会产生不和谐的跳变等。演奏者若能把握好和弦及段落切换时机，能够尽量避免这些问题，保证实时伴奏乐音的准确性和品质。

#### 4.3 辅助理解各种音乐风格的特点

自动伴奏系统的模板文件是由编曲技艺成熟的制作人编制完成，其中包含某种音乐风格的标志性特点。在按照和弦和段落信息生成伴奏乐音之后，其音乐风格的立体性得以构建，便于听众从多角度来感受和理解这种音乐风格所包含的特点。因此可将自动伴奏系统所生成的伴奏乐音用于教学活动，培养学生或听众对编曲、配器、和声等音乐元素的直观体会，便于理解相关音乐理论，也可借其中对某种音乐风格特点的呈现，向学生或听众传达对该音乐风格背后的音乐文化，培养学生或听众的文化素养。

## 5 结语

自动伴奏系统由半导体与计算机等先进科学技术发展而来，通过与 MIDI 技术结合，为编曲、伴奏等应用领域提

供了一种低成本、高效率、高品质的创作方式与工作方法。而相关科学技术的继续发展，也为自动伴奏系统的持续进步提供了支撑。尤其是人工智能算法近十年来在文字、图片甚至音乐等内容生成与优化等领域取得了诸多成果，对自动伴奏系统的发展也产生了一定影响。自动伴奏系统的发展将使音乐从业人员的劳动强度进一步得到降低，也能够促进人民群众文化素养与艺术水平的提高。自动伴奏系统将持续发展，对用户的输入信息能够更加准确地领悟，也能更加完整、更加丰富地生成伴奏乐音，具有极大的发展潜力。

#### 参考文献

- [1] 田进勤.第五讲自动伴奏电路及电子琴总体电路示例[J].电声技术,1990(2):58-63.
- [2] 陈学煌.数字化声控电子乐器研究进展[C]//第六届全国消费电子技术交流会论文集,2002.
- [3] Rothstein J. MIDI: A comprehensive introduction[M]. AR Editions, Inc., 1995.
- [4] BHAGAVATHSINGH B, SATHISH A V, KALAISELVAN A, et al. Build Your Own Band (BYOB): Generating instrumental accompaniments for a melody[J]. Romanian Journal of Information Technology and Automatic Control, 2023,33(4):99-108.
- [5] 张岚.神奇的“潘多拉魔盒”——自动伴奏软件BAND IN A BOX的应用[J].云岭歌声,2003(10):39-41.